

UNIVERSIDAD ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

CONTROL DE ASENTAMIENTOS EN TERRAPLENES CONSTRUIDOS SOBRE SUELO FINO POR MEDIO DE METODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS BASADOS EN VIBRO-SUSTITUCION

Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil

FERNANDO SEBASTIAN NUÑEZ GOMEZ

Profesor Guía
JUAN CARLOS TIZNADO AITKEN

SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2017



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE OBRAS CIVILES

DECLARACION DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

Yo, Fernando Sebastián Núñez Gómez, declaro que este documento no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Santiago, Junio 2017

Firma Alumno

DEDICO ESTA MEMORIA A MIS PADRES, QUE SIEMPRE HAN ESTADO PARA APOYARME INCONDICIONALMENTE.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres María De Los Ángeles Gomez Muñoz y Aristides Nuñez Gonzalez y hermanas Grecia Nuñez Gomez y Kelly Nuñez Gomez los cuales fueron parte fundamental en mi proceso de aprendizaje de paso por la universidad, además, añadir los valores que me inculcaron mis padres como son el respeto y la humildad ante todo.

Quiero recalcar los agradecimientos a mi hermana Kelly Nuñez Gomez por nunca dejarme solo en esta última etapa universitaria.

También agradecer a mi profesor guía Juan Carlos Tiznado Aitken que siempre estuvo dispuesto a resolver todas mis dudas y ser un profesor muy comprometido con mi memoria.

Por último, agradecer a todas las personas que pasaron por mi vida y me dejaron una enseñanza.

Índice de contenido

Índice de tablas

Índice de figuras

Índice de Gráficos

Resumen

Los suelos de grano fino se caracterizan en general, por presentar una elevada compresibilidad y ser altamente sensibles a los cambios de humedad. Por ello, uno de los aspectos críticos para el diseño y construcción de las estructuras que deben apoyarse sobre este tipo de materiales tiene que ver con el control de asentamientos. Cuando el suelo es particularmente compresible y la potencia de los estratos de material fino impide considerar el reemplazo de suelos como una solución factible, se puede recurrir a los denominados *métodos de mejoramiento de suelo*.

La técnica de vibro-sustitución, que resulta particularmente efectiva en suelos finos, consiste en la introducción de una sonda que puede penetrar en el material a grandes profundidades. Así, por medio de la adición de agregado grueso vibrado y compactado por capas (típicamente grava), se consigue una serie de columnas discretas que permiten reducir la compresibilidad y darle mayor rigidez y resistencia al corte al terreno.

En este trabajo se busca evaluar cómo el uso del método de vibro-sustitución con columnas de grava puede ayudar al control de asentamientos en terraplenes construidos sobre depósitos de suelo fino. Se estudian diferentes escenarios, utilizando tanto métodos simplificados como modelos numéricos de elementos finitos, para cuantificar la influencia de parámetros tales como diámetro y rigidez de las columnas, propiedades de la grava, y distribución en planta del arreglo de columnas.

Finalmente, se busca establecer relaciones entre las características de la solución adoptada y la reducción de asentamientos esperada en el terreno, medida como fracción del asentamiento que se produciría en el suelo sin considerar mejoramiento alguno.

Abstract

In general, fine-grained soils are highly compressible and sensitive to changes in moisture content. Therefore, one of the critical aspects for both design and construction of structures on this type of materials has to do with the control of induced settlements. When the soil is particularly compressible and the thickness of fine soil materials does not allow to consider soil replacement as a feasible solution, the so-called *ground improvement methods* can be utilized.

The vibro-replacement technique, which is particularly effective in fine-grained soils, consist on a probe that can be introduced deeply into the soil. Thus, by adding coarse aggregate in incremental lifts using both vibration and compaction (typically, gravel), a series of discrete columns (called stone columns) that reduce compressibility and provide increased resistance and stiffness to the soil are generated.

The main goal of this work is to evaluate how the use of the vibro-replacement method can help controlling induced settlements in embankments built on soft soils. Different scenarios, using both simplified methods and numerical finite-element models, are utilized to analyze the influence of several parameters such as diameter and stiffness of columns, properties of the gravel material, and plan distribution of columns, on the results obtained.

Finally, the idea is to establish relationships between the characteristics of the improvement solution and the reduction of the expected settlements in soil, measured as a fraction of those that could be induced without any improvement.

1 Introducción

Los suelos de grano fino representan un gran desafío en las construcciones debido a sus características geotécnicas, tanto en vías de comunicación como en fundaciones de edificios y obras civiles. Sus características principales, como la baja permeabilidad, la alta compresibilidad, y la sensibilidad ante cambios de humedad, hacen que se requiera de un análisis más cuidadoso al momento de fundar sobre este tipo de materiales.

Derivado de las características geotécnicas de los suelos finos, los ingenieros deben enfrentar problemas como, baja capacidad de soporte, baja resistencia a los esfuerzos de corte y altos asentamientos inducidos. Este último es uno de los aspectos más relevantes en el diseño y construcción de estructuras sobre suelos finos. Como menciona Rengifo (2014) el descuido del control de asentamientos en estos suelos puede producir desde daños leves (estéticos) hasta daños estructurales graves, llevando al colapso de la estructura.

Estrategias como la compactación superficial (Figura 1.1) o el método de precarga (Figura 1.2) muchas veces no son suficientes para la mejora de estos suelos, ya sea por el gran tamaño del área en planta que se necesita mejorar, por no disponer de suficiente material de relleno para el terreno, o bien por tener un estrato de gran espesor. Se debe tener en cuenta, además, que la precarga es un proceso lento, que puede tardar varios meses para lograr consolidación del terreno, y que en definitiva puede ser económicamente inviable.

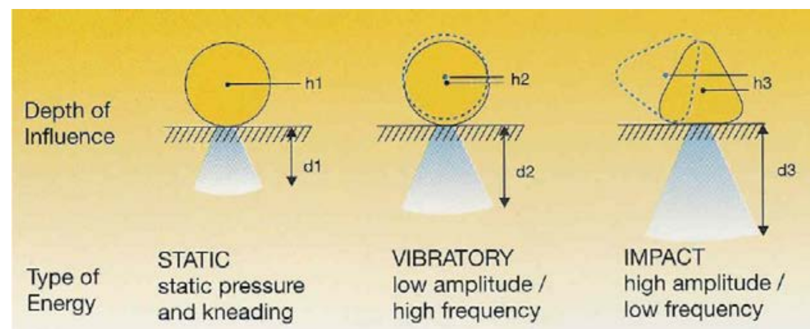


Figura 1.1: Comparación de 3 tipos diferentes de compactación superficial. Fuente: (Pollan, 2014).

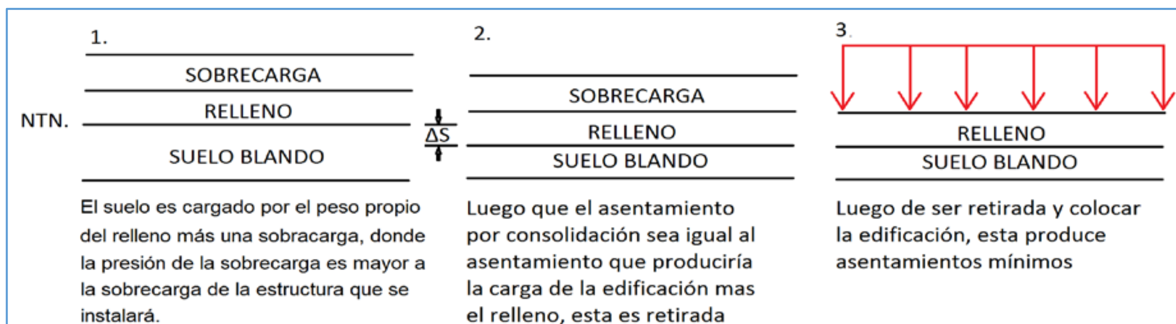


Figura 1.2: Concepto del método de precarga. Fuente: Elaboración Propia (2017).

En consecuencia, para el control de asentamientos en suelo fino se suele optar por otros métodos de mejoramiento. Dentro de las opciones disponibles actualmente se encuentran:

- Métodos de mezclado: Inyecciones de alta presión (*Jet Grouting*); mezclado en suelo por vía húmeda; mezclado en suelo por vía seca.
- Métodos de drenaje: Mechas drenantes vertical (*Wick Drains*).
- Métodos de densificación: Lechadas de compactación (Compaction Grouting); pilas de compactación de arena (*Sand Compaction Piles*); vibro-sustitución por columnas de grava (*vibro-replacement*).

Estos métodos se utilizan con frecuencia en la ingeniería geotécnica actual, permitiendo acelerar el proceso de consolidación, disminuir asentamientos y así ayudar a la estabilidad de terraplenes frente a deslizamientos y deformaciones descontroladas.

A continuación, se detallan las características de algunos métodos de mejoramiento de suelos finos usados según su proceso.

1.1 Métodos mediante mezclado

1.1.1 Inyecciones de alta presión

Tecnología con la cual se mejora las características mecánicas del suelo, mediante la inyección de lechada de cemento o agua a alta presión, conformando finalmente cuerpos de suelo-cemento. El fluido en esta técnica es bombeado a muy altas presiones, que van desde los 450 a 550 bar. Como resultado, se tiene un cuerpo sólido, que mejora la resistencia y disminuye la permeabilidad del terreno (Fernandez Vincent, 2008). Cabe señalar que este método se puede aplicar a todo el rango de suelos, desde gravas hasta arcillas. La figura 1.3 muestra el proceso del método mediante mezclado por medio de alta presión.

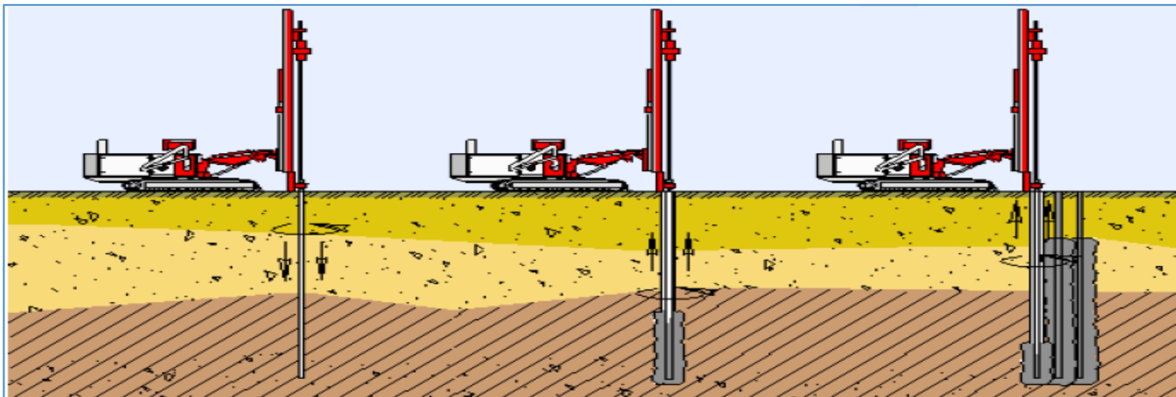


Figura 1.3: Método mediante mezclado de suelo usando Inyecciones de alta presión. Fuente: Pilotes Terratest S.A. – (Pilotes Terratest S.A., 2008)

1.1.2 Mezclado de suelo por vía Húmeda

Técnica que mejora las características de un suelo granular suelto y/o arcilloso blando mediante un mezclado mecánico con lechada de cemento o aglomerante.

El proceso de construcción de las columnas de lechada de cemento se hace mediante un taladro de acero con perforación en su interior, el cual trae adherido paletas situadas en la parte inferior que son usadas para el mezclado del suelo y la lechada.

La lechada es bombeada a través de la perforación del acero a medida que avanza y en paralelo mezclando el suelo y la lechada mediante el giro de las paletas, llegando a una profundidad de 30 - 40 metros (Baker, 2013). La figura 1.4 muestra el método mediante mezclado de suelo por vía húmeda.

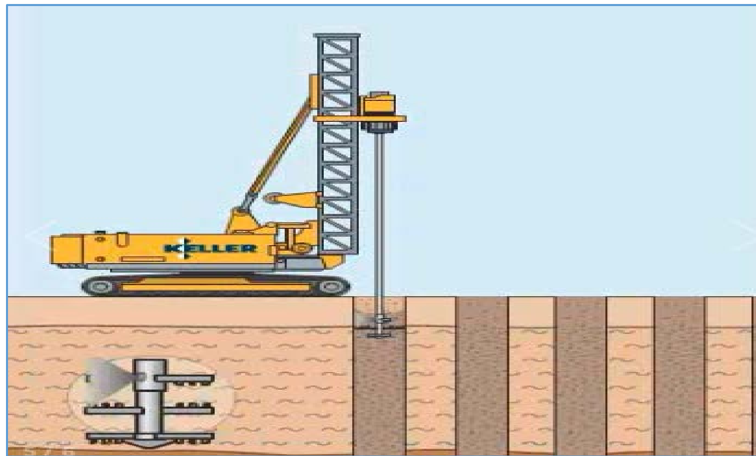


Figura 1.4: Método mediante mezclado de suelo por vía húmeda. Fuente: (Keller, Keller-cimentaciones-vía-húmeda, 2014)

1.1.3 Mezclado de suelo mediante vía Seca

Técnica que consiste en mezclar el suelo durante la penetración, mediante un taladro de acero con perforación en su interior hasta llegar a la profundidad requerida en el tratamiento.

Los agentes adhesivos secos son inyectados y mezclados con el suelo durante el retiro de la herramienta de mezclado, formando así una columna seca de mezclado de suelo. Luego de pasar varias horas, estas columnas son cargadas con el fin de brindar un confinamiento durante el endurecimiento. Como resultado final se obtiene un suelo que resiste de 10 a 50 veces más carga, con columnas de diámetros de hasta 1.2 metros y profundidades de 25 – 30 m. (Baker, 2013). La figura 1.5 muestra el método mediante mezclado de suelo por vía seca.

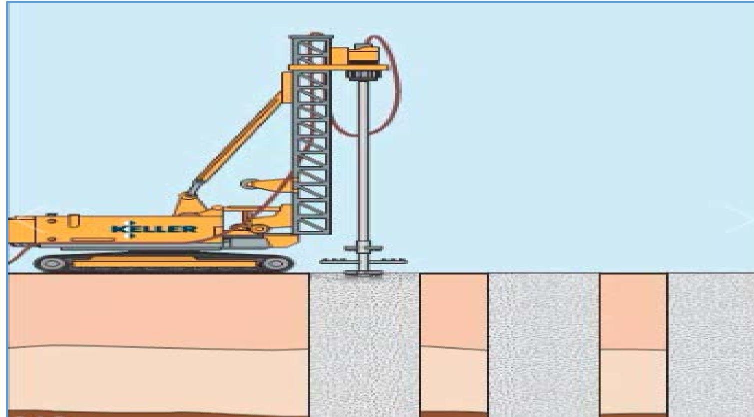


Figura 1.5: Método mediante mezclado de suelo por vía seca. Fuente: (Keller, keller-cimentaciones-vía-seca, 2014)

1.2 Métodos mediante drenaje

1.2.1 Mechas drenantes (vertical)

Consisten en un filtro de geotextil que cubre un núcleo plástico, permitiendo el paso del agua a través de canales en forma rectangular y de dimensiones típicas de 10 cm de ancho por 3 a 9 mm de espesor.

Cumple la función de acelerar el proceso de consolidación, disminuyendo de este modo los asentamientos de terraplenes sobre suelos sueltos o blandos.

Esta técnica es utilizada en suelos altamente compresibles, con baja permeabilidad y saturados en su totalidad, en condiciones donde las presiones de poros se disipan de manera muy lenta. Este efecto se debe a un recorrido de drenaje menor al momento de la instalación de las mechas, provocando una aceleración de los asentamientos (Heríquez, Pedrals, & Valdés, 2009). La figura 1.6 muestra el método mediante drenaje de suelo usando Mecha Drenante.



Figura 1.6: Método mediante drenaje de suelo usando Mecha Drenante. (Baker, 2013)

1.3 Métodos mediante densificación

1.3.1 Lechada de compactación

Consiste en la aplicación de una lechada plástica que se inyecta en el suelo bajo presión, esta se expande en el suelo como una masa relativamente homogénea y al mismo tiempo se forman bulbos de lechada que se asemejan a la forma de una bola. El suelo que rodea la zona de la lechada se desplaza compactándose al mismo tiempo (BAUER, 2015).

Esta técnica destaca porque aumenta el confinamiento lateral, puede realizarse a intervalos de profundidad deseada y es efectivo en suelos con alta cantidad de finos (>20%). (Vossoughi, 2012). Es ineficiente a profundidades menores a 6 metros; ya que las presiones de la lechada pueden levantar la superficie del terreno, y los bulbos de lechada son frágiles y tienden a agrietarse con pequeñas vibraciones (Vossoughi, 2012) (Figura 1.7).

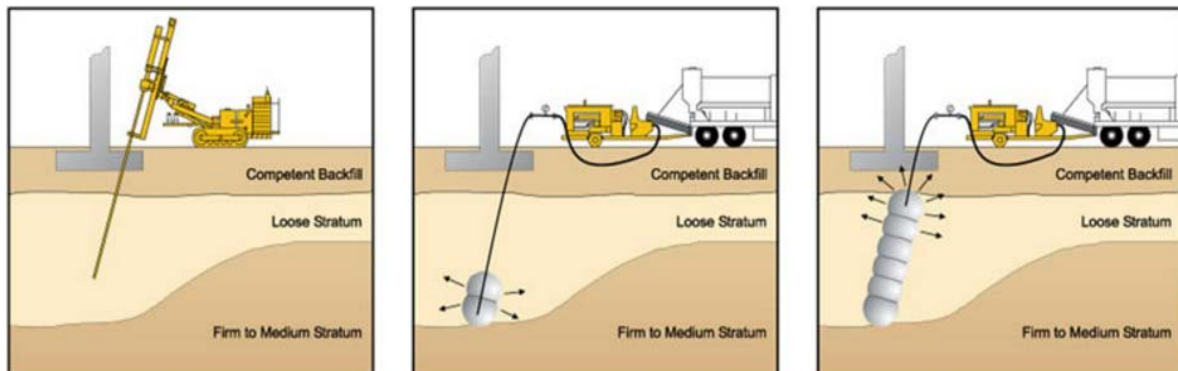


Figura 1.7: Método mediante densificación usando Lechada de Compactación. Fuente: (Vossoughi, 2012)

1.3.2 Pilas de compactación de arena (SCP)

Tiene sistema vibratorio con vibro-martillo y sistema no vibratorio con dispositivo forzado de elevación. Puede ser implementado tanto en la tierra como en el mar y puede ser usada tanto en arena como en arcilla. Al ser aplicada en arcilla, este nuevo suelo es denominado “tierra compuesta”. El uso de las pilas usadas en este método de mejoramiento aumenta la resistencia de carga sobre el terreno y funcionan como drenajes verticales, los cuales aceleran la consolidación del suelo arcilloso; disminuyendo así los asentamientos (Figura 1.8).

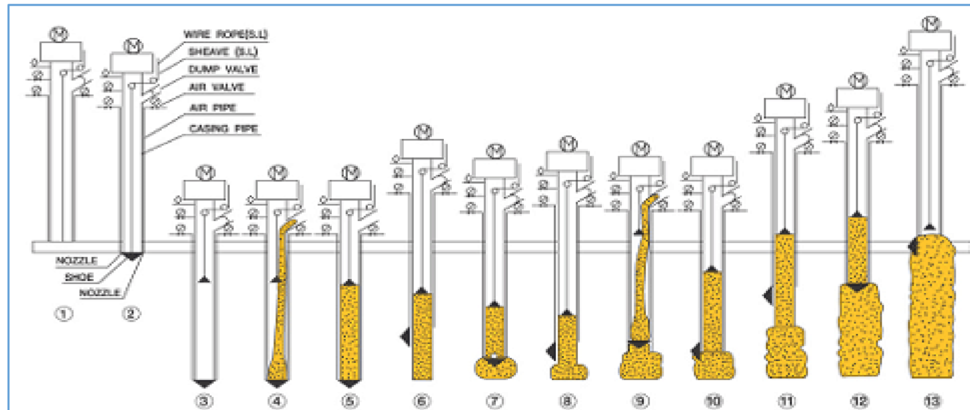


Figura 1.8: Método mediante densificación usando SCP. Fuente: (Construction, 2017)

1.3.3 Vibro-Sustitución por Columnas de Grava

Consiste en incluir columnas de grava verticales en el suelo, proceso que se ejecuta por medio de técnicas de vibro-flotación y sustitución de una parte del terreno por agregados de grava.

Esta técnica permite el aumento de la resistencia al corte, aumenta la permeabilidad, y disminuye las presiones de poros. En consecuencia, reduce los asientos en el suelo; siendo un método económico y mayormente usado en suelos con baja permeabilidad (Vossoughi, 2012) (Figura 1.9).

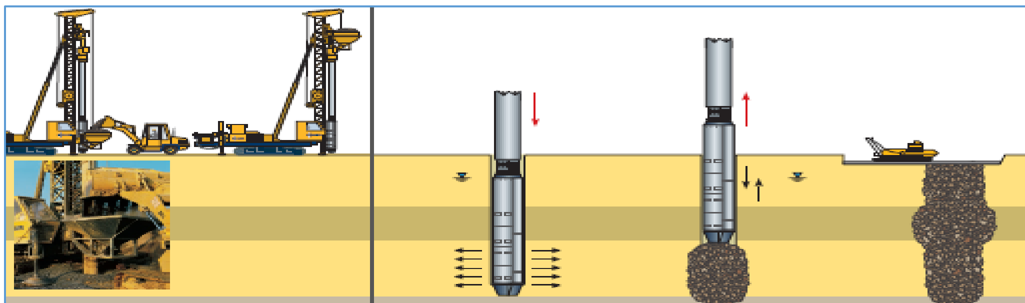


Figura 1.9: Método mediante densificación usando vibro-sustitución o columna de grava. Fuente: (Keller, Keller Deep Vibro Techniques, 2010)

El procedimiento de construcción de las columnas consiste en introducir un vibrador con agua a presión o aire comprimido en la punta, facilitando el desplazamiento de éste. Luego de llegar a la profundidad requerida, el pozo es llenado con grava de tamaños que van desde 2 – 80 milímetros, las cuales son compactadas capa por capa por el mismo dispositivo de vibrado en una maniobra escalonada. El resultado es una columna de grava que aporta a la rigidez del suelo

y a su vez aumenta la densidad de este (Figura 1.10) (Heríquez, Pedrals, & Valdés, 2009).

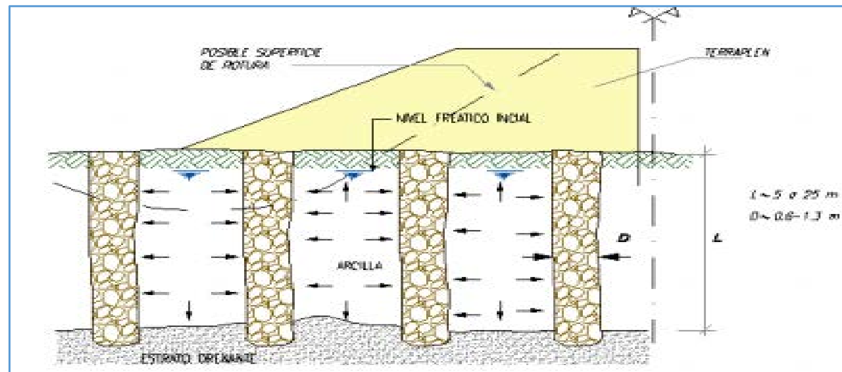


Figura 1.10: Columnas de grava, Fuente: (Rengifo, 2014)

En relación con los métodos de ejecución, se tienen principalmente dos tipos:

- *Vibro-sustitución o vibro-compactación por vía húmeda*

Esta técnica es aplicable comúnmente a *"suelos blandos cohesivos, relativamente impermeables"* (Rengifo, 2014). Cuando se tiene un suelo inestable y con alto nivel freático, es más óptimo atravesar el terreno con agua a presión. A continuación, se introduce el material granular por vía externa, es decir, se saca el vibrador, se ingresa la grava desde la superficie para luego compactar la columna de grava en capas hasta la superficie formando una columna continua confinada por el suelo circundante (Rodríguez & O'Hara, 2008).



Figura 1.11: Fases de ejecución de la vibro-sustitución, Fuente: (Rengifo, 2014)

El proceso de construcción consiste en (Figura 1.11):

Perforación: Con la ayuda de la inyección del agua a presión, arrastra el material permitiendo que el vibrador penetre el suelo suelto.

Relleno: Se procede a llenar el agujero con grava, compactando capa por capa a una distancia de compactación de 50 cm.

Compactación: Cada capa es compactada por medio de vibrado, repitiendo el procedimiento hasta terminar la columna de grava.

- *Vibro-desplazamiento o vibro-compactación por vía seca*

Es aplicada en suelos no sensitivos debido a su fuerza cohesiva estable. Se usa para perforar por vibración el aire comprimido. Antiguamente se tenía que retirar el vibrador para introducir el material granular, pero en la actualidad se han usado vibradores que permiten la introducción de este material por su punta inferior, por lo cual se ha optimizado el proceso de esta técnica, a su vez asegura la continuidad de la columna de grava al tener una mejor compactación capa por capa.

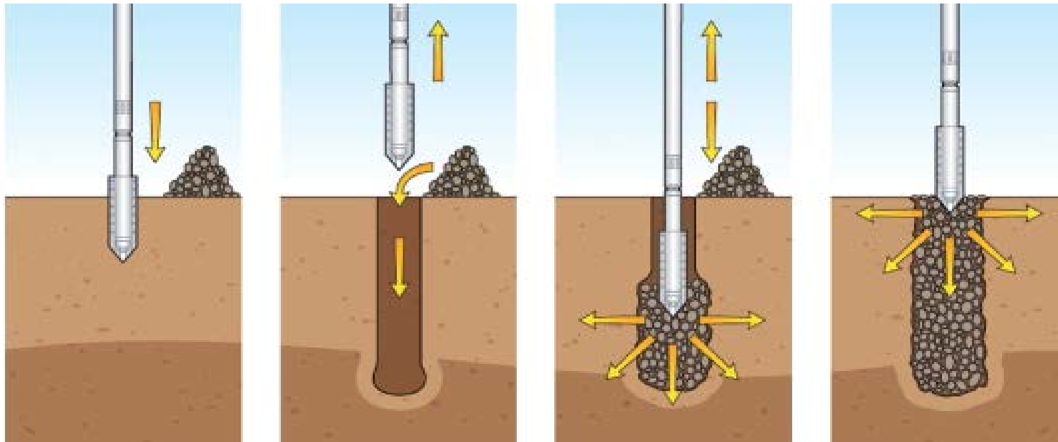


Figura 1.12: Fases de ejecución de vibro-desplazamiento. Fuente: (Rodríguez & O'Hara, 2008)

El proceso de construcción consiste en (Figura 1.12):

Perforación: Se introduce el vibrador en el terreno ayudado por el aire comprimido, su peso propio y la acción del mismo vibrado.

Relleno: Se alcanza la profundidad requerida y se coloca la primera capa de grava de espesor máximo de 50 cm de grava y se procede a compactar.

Compactación: El vibrador se desplaza para abajo y lateralmente para compactar el terreno.

La Tabla 1.1 muestra las características principales y datos técnicos de los métodos por vía húmeda y por vía seca para tener en consideración en el momento elegir uno de estos métodos.

Tabla 1.1: Características principales y datos técnicos de los métodos por vía Húmeda y vía Seca (Alimentación por fondo).

	VÍA HÚMEDA	**VÍA SECA**
Máquina de apoyo	Grúa	Vibrocat con mástil Grúa
Profundidad máxima orientativa	35 m	20 m con mástil 35 m con grúa
Fluido de perforación	Agua	Aire
Gestión de agua y lodos	SI	NO
Efectos durante la instalación en el terreno original	No son significativos ya que se trata de una sustitución sin desplazamiento y con lavado de finos por el agua.	Rigidización del terreno por desplazamiento Reducción de permeabilidad por remoldeo (*smear*)
Granulometría de la grava	25 – 75 mm	8 – 50 mm
Rango de diámetros (*)	0.8 – 1.2 m	0.6 – 1.2 m (frecuente 0.7-0.8 m)
Ángulo de rozamiento	Práctica habitual de diseño: $\phi = 40^{\circ}$ < > Dr ≈ 85% aprox.	
Módulo de deformación columna	E = 40 – 70 MPa	
Separación entre ejes	1.5 a 3.5 m	
Disposiciones habituales	En filas bajo zapatas corridas y en mallas cuadradas o triangulares bajo zapatas aisladas o cargas extensas. Bajo zapatas la separación entre columnas será de al menos 1 diámetro. Bajo cargas extensas la intensidad del tratamiento oscila entre 1 col/2 m^2 y 1 col/10 m^2.	
Carga por columna	Orientativamente 150 a 400 kN/columna. Presión vertical admisible orientativa sobre la columna en el rango 400 – 600 kPa	

Fuente: (Pollan, 2014).

Actualmente, el método más utilizado es por vía seca, evitando el uso del agua a presión y el uso de lodos como consecuencia del proceso constructivo.

2 Planteamiento del problema

Los diversos métodos de mejoramiento disponibles se adecúan de mejor forma a algunos tipos de terrenos que a otros, lo cual se relaciona directamente tanto con el método usado como con la granulometría del terreno (Figura 2.1).

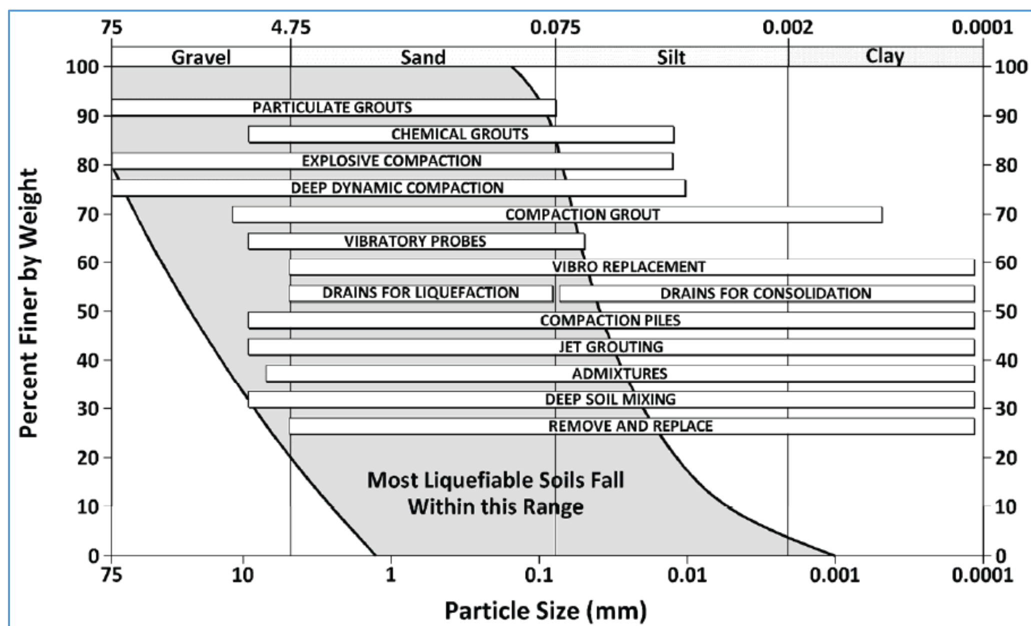


Figura 2.1: Aplicación de métodos de mejoramiento en función del tamaño de partículas. Fuente: (Schaefer et al., 2012)

En este sentido, una de las alternativas más fiables para el control de asentamiento en terraplenes construidos en suelo fino es la vibro-sustitución por el método de columnas de grava (Zhang et al., 2013). Este método de mejoramiento ha sido utilizado cada vez con mayor frecuencia en Chile, pues en comparación con las otras técnicas usadas en suelo arcilloso, es más conveniente por su rápida aplicación y eficiencia. Además, permite el aumento de la resistencia al corte, la rigidez y la permeabilidad del terreno; potenciando la capacidad de soporte, estabilidad al deslizamiento, reducción de asentamientos y aceleración de la consolidación; lo que lo hace finalmente ser un método atractivo en su aplicación.

Cabe destacar que los terraplenes son frecuentemente usados en obras viales, sobre todo en países con una geografía compleja como es Chile. Por lo tanto, la estabilidad de estas obras es un problema frecuente, el cual puede ser controlado por medio del método de mejoramiento de columnas de grava; en particular a partir de la modificación en la configuración en planta, diámetro, separación, profundidad y rigidez de las columnas, permitiendo de este modo el control del asentamiento del suelo de apoyo del terraplén.

No obstante, lo anterior desde el punto de vista del diseño de la solución, uno de los problemas que se presenta es la existencia de diversas propuestas para análisis simplificado en la literatura, como son las de autores como DiMaggio (1978), Balaam y Booker (1981), Van Impe y de Beer (1983), Priebe (1995) y el método mencionado en el manual de diseño de la Federal Highway Administration (1983). En ese sentido, hay que tener presente que no todos los métodos consideran mismos parámetros de entrada, como por ejemplo el tipo de suelo, los diferentes ángulos de fricción interna de la grava usada para la construcción de las columnas, la razón entre las rigideces de ambos materiales (suelo-grava) y la sobrecarga del terraplén.

Por otro lado, se tienen distintas propuestas de modelamiento numérico, como por ejemplo las de autores como Tan et al., 2008 y Zhang et al., 2013. Este tipo de análisis ha considerado el uso de distintos softwares como PLAXIS, ANSYS, o FLAC-3D; entre otros, enfocándose principalmente en el problema de estabilidad, analizando los factores de seguridad frente al deslizamiento de terraplenes sobre suelos finos aplicando el método de elementos finitos (FEM) o de diferencias finitas (FDM). Sin embargo, el problema de los asentamientos inducidos debido al proceso de colocación del terraplén y la posterior consolidación no ha sido abordado suficientemente. De esta manera, el análisis del control de asentamientos por medio del método de columnas de grava, obteniendo como resultados el máximo asentamiento del suelo fino cargado por un terraplén sobre un suelo mejorado y sin mejoramiento resulta un problema interesante de investigar en mayor profundidad.

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

En este trabajo se busca evaluar, por medio de procedimientos simplificados y métodos numéricos de elementos finitos, cómo el uso del método de vibro-sustitución por columnas de grava puede ayudar al control de asentamientos en terraplenes construidos sobre depósitos de suelo fino.

2.1.2 Objetivos Específicos

I. Estudiar propuestas de la literatura especializada para el diseño y modelación numérica de columnas de grava, identificando sus principales ventajas y desventajas relativas.

II. Cuantificar la influencia de los principales parámetros de diseño de las columnas (diámetro, rigidez, propiedades friccionales de la grava, y distribución geométrica en planta de la solución) en los asentamientos de terraplenes construidos sobre suelo fino que han sido mejorado mediante esta técnica.

III. Establecer relaciones entre las características de la solución adoptada y la reducción de asentamientos esperada en el terreno, medida como fracción del asentamiento que se produciría en el suelo sin considerar mejoramiento de suelos.

3 Diseño y modelamiento de terraplenes sobre suelos mejorados con columnas de grava

3.1 Métodos de diseño de columnas de grava

El concepto básico de tratamiento del suelo está basado en combinar por un lado el terreno original y sus características principales (ángulo de fricción interna φ_s, cohesión c_s y módulo de elasticidad E_s) y por otro las columnas de grava con sus características principales (ángulo de fricción interna φ_{col}, cohesión c_{col} y módulo de elasticidad E_{col}), obteniendo a partir de ambos un suelo mejorado con propiedades combinadas de ambos materiales (φ^*, c^* y E^*).

Sin embargo, se sabe que los métodos de diseño de columnas de grava son complejos, debido a que los criterios usados son empíricos y a que se trata de estudiar un suelo compuesto de dos materiales con propiedades totalmente diferentes.

Dado lo anterior, una primera opción para el estudio del comportamiento y posterior diseño de columnas de grava consiste en transformar un suelo mejorado mediante esta técnica en un suelo homogéneo con características combinadas. Una segunda opción es transformar las columnas de grava en zanjas longitudinales para que el problema tridimensional pueda ser analizado como un problema de deformación plana. Y, por último, se puede abordar el problema estudiando una única columna y el suelo que lo rodea considerando simetría axial (concepto de celda unitaria).

Cabe señalar que el concepto de celda unitaria se asocia al área tributaria del suelo que rodea a la columna de grava, como se ilustra en la Figura 3.1.

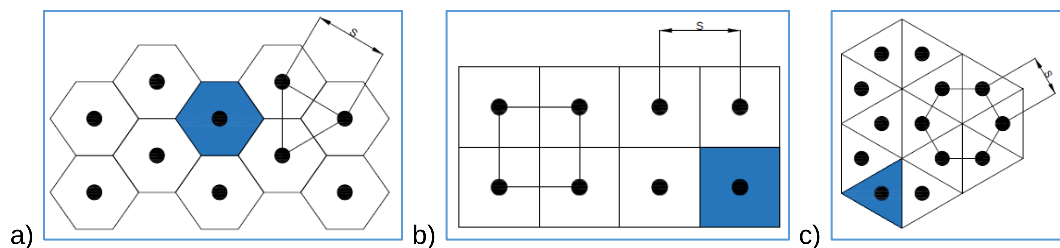


Figura 3.1: Concepto de celda unitaria para diferentes configuraciones de columnas. Triangular (a), Cuadrada (b) y Hexagonal (c). Fuente: Elaboración Propia (2017).

A partir del concepto de celda unitaria, podemos definir el concepto de área de reemplazo, que asocia la razón entre el área transversal de la columna de grava la cual reemplaza el suelo y el área tributaria de la columna (celda unitaria) según se muestra en la figura 3.2. y se explica en las fórmulas 3.1 a 3.3.

$$A_r = A_s/A \qquad (3.1)$$

$$A = A_s + A_c \qquad (3.2)$$

$$A_c/A = 1 - A_r \qquad (3.3)$$

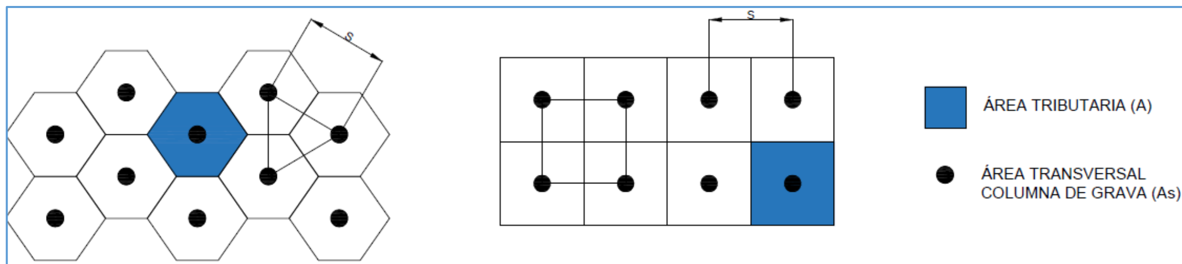


Figura 3.2: Concepto de área de reemplazo para configuración triangular y cuadrada. Fuente: Elaboración Propia (2017).

Donde:

As = Área Columna ("Stone column")

Ac = Área del suelo, en este caso Arcilla ("Clay")

Para configuraciones en planta típicas del arreglo de columnas, se puede considerar un área de reemplazo en función del diámetro y la separación de eje a eje de las columnas como muestra la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Áreas de reemplazo para diferentes configuraciones.

Malla	Ar (%)
Triangular	$0{,}907\ (S/D)^2$
Cuadrada	$0{,}785\ (S/D)^2$
Hexagonal	$0{,}605\ (S/D)^2$

Fuente: Creación Propia (2017).

Dónde: S = Separación de eje a eje de columnas de grava consecutivas

D = Diámetro de la columna de grava

En los siguientes sub-apartados se describen algunos de los principales métodos para el análisis y diseño de columnas de grava.

3.1.1 Van Impe y de Beer (1983)

Este método aborda el problema empleando para el análisis una pantalla indefinida equivalente en deformación plana, con un espaciamiento relativo (separación/ancho) igual a la razón de área de reemplazo de la malla (a_r).

La transformación del problema a un estado de deformación plana (Figura 3.3) se realiza conservando el área de reemplazo, de tal forma que la rigidez media es la misma.

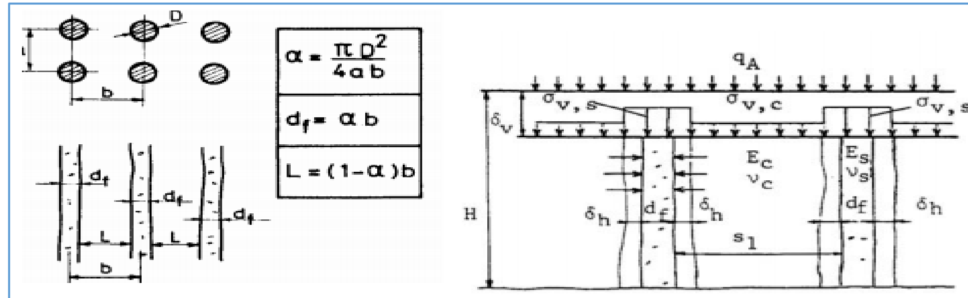


Figura 3.3: Paso a deformación plana (Van Impe y De Beer, 1983)

3.1.2 FHWA (Bachus, 1983)

Este método se basa en una reducción de las tensiones inducidas en el suelo mejorado. Se supone que la columna, que es más rígida que el suelo, concentra un mayor nivel de tensiones y que así puede reducir las solicitaciones que efectivamente llegan al terreno.

Se puede observar que el área tributaria para una configuración triangular forma un hexágono regular, que puede ser aproximada a un círculo equivalente, mientras que, para un patrón triangular y cuadrado, el diámetro del círculo puede ser calculado mediante las fórmulas 3.4 y 3.5.

Patrón triangular

$$D_e = 1.05\ s \tag{3.4}$$

Patrón cuadrado

$$D_e = 1.13\ s \tag{3.5}$$

Donde:

s = Separación de dos columnas de eje a eje.

D_e = Diámetro equivalente al área tributaria

Asumiendo que el concepto de celda unitaria es válido y con una sobrecarga uniforme de características infinitas aplicada a un suelo mejorado con columnas de grava distribuidas en forma triangular, cuadrado o hexagonal (Figura 3.1), la distribución de tensiones verticales sobre una celda unitaria puede ser expresada mediante la razón de las tensiones entre columna y suelo como:

$$n = \frac{\sigma_S}{\sigma_C} \quad (3.6)$$

$$\mu_c = \frac{1}{(1-A_r+n\,A_r)} \quad (3.7)$$

donde:

μ_c = Factor de concentración de tensiones.

Es importante mencionar que el valor *n* también podría elegirse a partir de la razón entre los módulos de elasticidad de la columna y el suelo y varía generalmente entre 2 y 8.

De esta forma, variando las áreas de reemplazo se obtiene distintos factores de concentración de tensiones μ_c en función de las diferentes razones entre las tensiones o rigideces de la columna y el suelo como muestra la Figura 3.4.

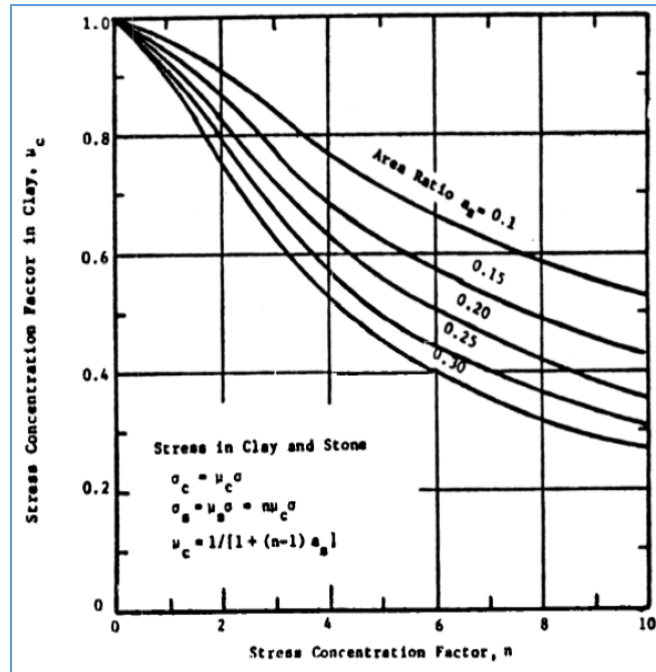


Figura 3.4: Gráfico del factor de concentración de tensiones en función de las diferentes razones entre las tensiones en la columna y el suelo. Fuente: (Bachus, 1983).

3.1.3 Priebe (1995)

El autor supone que el conjunto suelo-columna tendrá las siguientes características:

- El mismo asentamiento debido a una carga
- Las columnas no sufren cambios volumétricos
- La columna se apoya sobre un estrato rígido
- Las presiones normales son uniformes a lo largo de la columna.

- *Factor de mejora n_0*

Para estimar el "factor de mejora de suelo" (n_0), que relaciona el asentamiento antes y después de la mejora del terreno, se puede utilizar el ábaco de Priebe (Figura 3.5), que relaciona n_0 y A/A_c, siendo este último la razón entre el área tributaria de la columna y el área de la columna de grava.

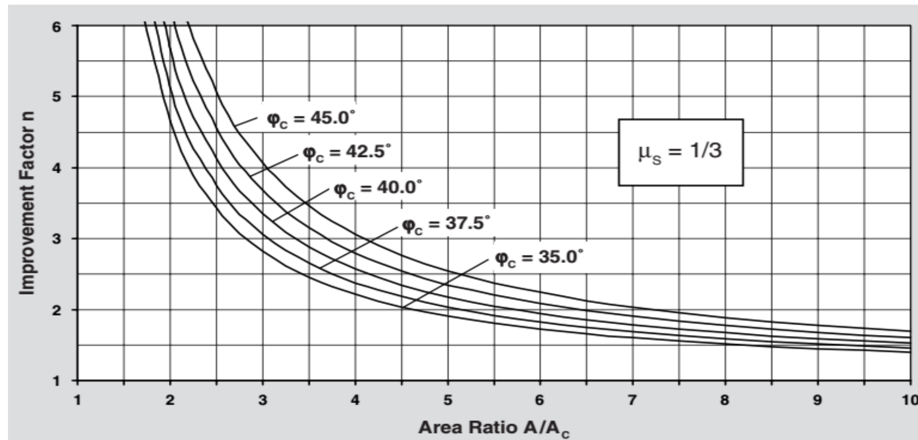


Figura 3.5: Ábaco para el diseño de columnas de grava con un coeficiente de Poisson del suelo de 1/3 para todos los casos. Fuente: (Priebe, 1995)

Cabe mencionar que el factor n_0 está en función del área de reemplazo, el ángulo de fricción interna de la columna y un coeficiente de Poisson del suelo de 1/3.

- *Factor de mejora n_1*

Pero como realmente se sabe que la columna es compresible, de forma aproximada se tiene en cuenta esta compresibilidad mediante el factor reducido, n_1, que es obtenida a partir del factor básico de mejora, n_0, pero con un área de reemplazo modificada, la cual depende del contraste de rigidez entre la columna y el suelo (n).

- *Factor de mejora n_2*

Por otro lado, el factor anterior no toma en cuenta el aumento de la capacidad de soporte del suelo con la profundidad, omitiendo las densidades del suelo y columna. Con el aumento de la sobrecarga, las columnas están mejor confinadas por el suelo que las rodean, de esta forma proporciona mayor capacidad de soporte. Por lo tanto y debido a la presión de la sobrecarga, se considera este factor de profundidad (fd), el cual mejora el factor n_1 antes mencionado.

3.2 Modelamiento de suelos mejorados con columnas de grava

3.2.1 Tan y Oo (2005)

Al igual que Van Impe y De Beer (1983) plantean igualar la rigidez media del sistema, pero sin que sea necesario mantener la misma área de reemplazo.

A partir de la siguiente fórmula se puede variar la razón de área de reemplazo si se modifican los módulos de elasticidad.

$$E_{m,med} = E_{m,c}a_r + E_{m,s}(1 - a_r) \quad (3.8)$$

Esta formulación se deriva a partir del estudio de una capa de suelo cargada de forma uniforme, confinada lateralmente, formada por dos estratos de diferente rigidez y espesor o anchura que utiliza tanto estratificación horizontal como vertical (Figura 26). Se trabaja con módulos confinados (edométricos).

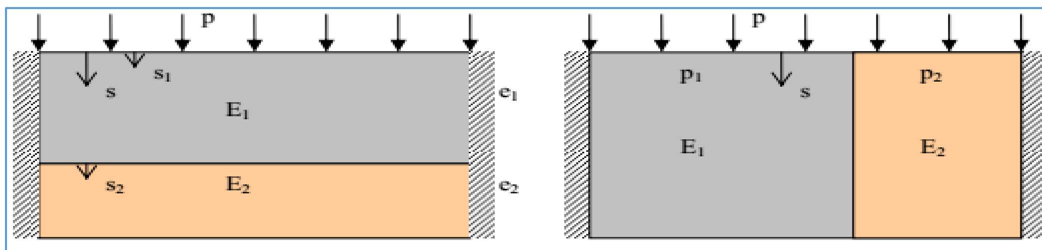


Figura 3.6: Estudio del módulo elástico equivalente (Tan y Oo, 2005)

3.2.2 “Column Wall method” (Zhang et al., 2013)

Según esta formulación, las columnas de grava individuales (discretas) se pueden modelar como muros continuos para un análisis de deformación plana como muestra la figura 3.7.

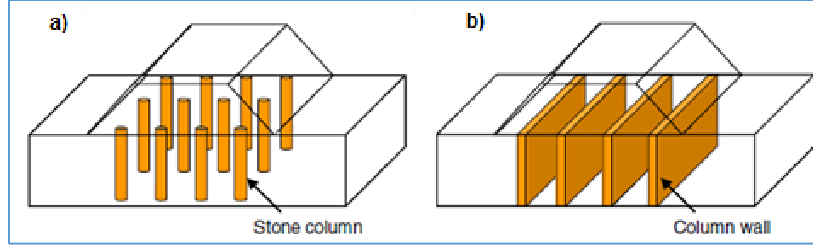


Figura 3.7: Vista de terraplén apoyado suelo blando mejorado: a) Columnas individuales; b) Columnas de muro.

En este caso, el análisis se puede realizar a partir de dos enfoques: (i) preservando la geometría de las columnas o (ii) manteniendo las propiedades materiales de las columnas.

El primer método, que hace coincidir la geometría de las columnas, supone que el ancho del muro es el mismo que el diámetro la columna de grava. De tal modo, las propiedades equivalentes tales como el módulo de elasticidad, la cohesión y el ángulo de fricción interna, se determinan basándose en el promedio ponderado de las propiedades del suelo y columna como lo muestran las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11.

$$E_w = E_c a_r + E_s(1 - a_r) \tag{3.9}$$

$$C_w = C_s(1 - a_r) \tag{3.10}$$

$$\varphi_w = \arctan(a_r tan\varphi_c + (1 - a_r) tan\varphi_s) \tag{3.11}$$

El segundo método asume que las propiedades equivalentes del muro son iguales a las de las columnas de grava. Este método mantiene la proporción de área de reemplazo de la columna de grava, por lo tanto, el ancho efectivo de la columna es diferente al diámetro de las columnas individuales.

En el caso de una configuración cuadrada y triangular de columnas, el ancho efectivo se obtiene según las fórmulas 3.12 y 3.13 respectivamente.

$$d_w = \frac{\pi\, {d_c}^2}{4\, s} \tag{3.12}$$

$$d_w = \frac{\pi\, {d_c}^2}{2\sqrt{3}\, s} \tag{3.13}$$

4 Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos, se desarrollará una metodología consistente en tres partes:

(1) En primer lugar, se trabajará el problema de un terraplén de arena, infinito, que se apoya sobre un suelo arcilloso de consistencia blanda, media y firme. De este modo, para diferentes propiedades de la arcilla y las columnas de grava, se obtendrán factores de mejoramiento (cuociente entre los asentamientos por consolidación primaria post y pre-mejora) en función del área de reemplazo, utilizando como referencia los métodos simplificados de diseño propuestos por la FHWA (1983) y por Priebe (1995). Con este análisis se busca comparar los métodos más comunes utilizados en la práctica para el diseño de columnas de grava y con ello cuantificar la reducción de asentamientos que predicen para diferentes escenarios teóricos.

(2) Posteriormente, se realizará un análisis numérico de tipo paramétrico mediante el software GeoStudio 2012 y su módulo Sigma/W para contrastar los resultados obtenidos en la etapa anterior. Para focalizar el estudio, se modelará el caso en que el suelo de apoyo es una arcilla blanda. Las columnas de grava, por su parte, se considerará que tienen ángulos de fricción interna de 35° y 45°, y que la razón entre los módulos de elasticidad de la columna y el suelo son n=2 y n=8. Las áreas de reemplazo se tomarán como 5,7%, 8,2%, 11,1%, 14,5%, 18,4%, y los diámetros de columnas de grava serán 0,5 m.; 0,6 m.; 0,7 m.; 0,8 m.; 0,9 m. La separación entre elementos será de 2 metros (espaciamiento típico) y la sobrecarga en el terreno corresponderá a la impuesta por el terraplén (colocado por capas). El modelo desarrollado será 2D (deformaciones planas) según el método “column-wall” mencionado en Zang et al. (2013), manteniendo las propiedades de las columnas de grava (enfoque de “ancho efectivo” según apartado 3.2.2).

(3) Finalmente se harán comparaciones entre ambos tipos de enfoques (simplificados y numéricos), de modo de concluir acerca de la validez de los enfoques prácticos tradicionales y su posible rango de aplicación y también sobre la potencialidad de las herramientas numéricas para modelar el problema de terraplenes sobre suelo fino mejorados mediante columnas de grava.

4.1 Parámetros para el análisis mediante métodos simplificados

Los parámetros utilizados se obtuvieron de la literatura técnica (Bowles, 1997), de artículos científicos (Abusharar & Han, 2011) y de manuales de diseño especializados (FHWA, 1983).

La figura 4.1 muestra los parámetros, propiedades y geometría del terraplén, arcilla y columna de grava, que se considerarán para el análisis mediante métodos simplificados.

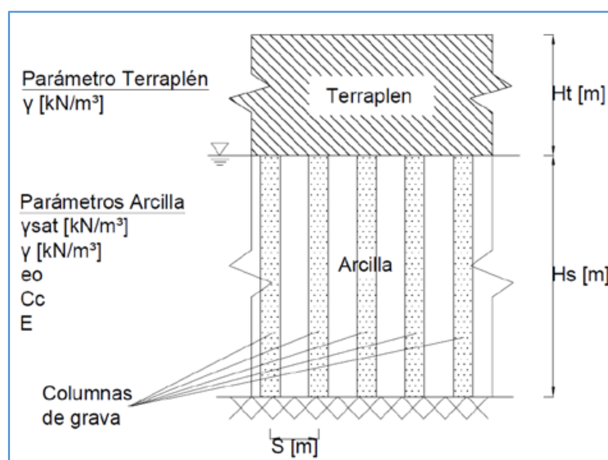


Figura 4.1: Geometría y propiedades genéricas del modelo mediante análisis simplificado. Fuente: Creación Propia (2016).

γ = Peso unitario

γsat = Peso unitario saturado

eo = Índice de vacíos

Cc = Índice de compresión

Ht = Atura terraplén

Hs = Altura suelo

E = Módulo de elasticidad

La tabla 4.1 muestra las propiedades de las arcillas, terraplén y de las columnas consideradas para el análisis.

Tabla 4.1: Propiedades de las arcillas (blanda, media y firme), de la columna y separación de eje a eje de las columnas

Material	A. Blanda	A. Media	A. Firme	Columna	Terraplén
γsat [kN/m³]	15	16,5	18	20	18
γ' [kN/m³]	5	6,5	8	18	18
E [kPa]	15.000	32.500	75.000	30.000-60.000	15000
H [m]	10	10	10	10	5
eo	2	1,67	1,5	N/A	N/A
Cc	0,7	0,4	0,2	N/A	N/A
Separación [m]	N/A*	N/A	N/A	2	N/A

** N/A = No aplica*

Fuente: Creación Propia (2016).

A continuación, se muestra gráficamente la geometría y propiedades de cada modelo resuelto mediante análisis simplificado usando los métodos que menciona la FHWA (1983) y Priebe (1995).

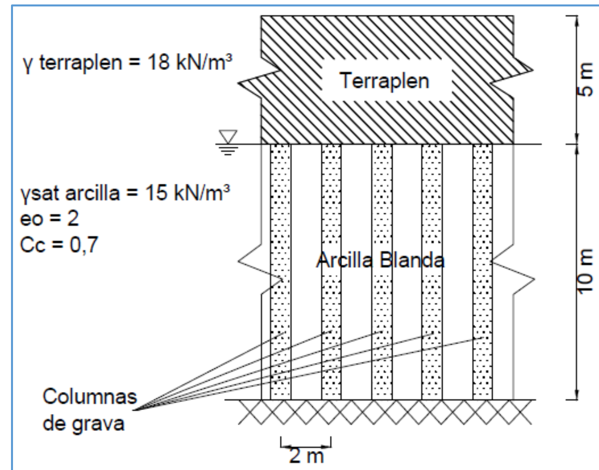


Figura 4.2: Geometría y propiedades del modelo para una Arcilla Blanda, resueltos mediante el método mencionado en la FHWA y el de Priebe 1995 (n2). Fuente: Creación Propia (2016).

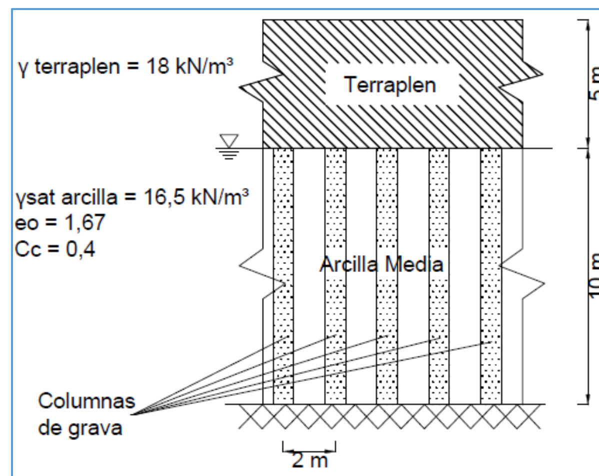


Figura 4.3: Geometría y propiedades del modelo para una Arcilla Media, resueltos mediante el método mencionado en la FHWA y el de Priebe 1995 (n2). Fuente: Creación Propia (2016).

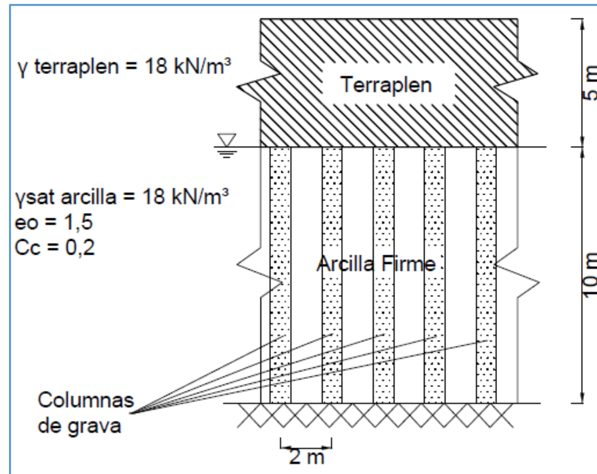


Figura 4.4: Geometría y propiedades del modelo para una Arcilla Firme, resueltos mediante el método mencionado en la FHWA y el de Priebe 1995 (n2). Fuente: Creación Propia (2016).

En el caso del método propuesto por la FHWA (1983), a través del factor de concentración de tensiones μ_c (Ecuación 4.1) se puede estimar el asentamiento por consolidación primaria inducido por la colocación del terraplén luego del mejoramiento por columnas de grava. Por ejemplo, en el caso de una arcilla normalmente consolidada, este asentamiento puede estimarse como:

$$s^* = \frac{C_c}{1+e_0} H \ \log \frac{\sigma'_{v0} + \mu_c \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \qquad (4.1)$$

Donde σ'_{v0} es la presión vertical efectiva en la capa de suelo analizada, y $\Delta\sigma'_v$ es la presión inducida por el terraplén.

Por otro lado, en el caso del método propuesto por Priebe (1995, el factor de mejoramiento puede ser estimado a partir del área de reemplazo del suelo y el ángulo de fricción interna de la columna. Además, se consideran parámetros como la compresibilidad de la columna y la sobrecarga del terraplén, que incluyen propiedades como el contraste de rigideces entre suelo y columnas y los pesos específicos del terraplén y suelo.

4.2 Descripción de los modelos numéricos utilizados

Los modelos se realizaron en el software GeoStudio 2012, con ayuda del módulo Sigma/W, variando parámetros tales como: las áreas de reemplazo, los ángulos de fricción interna de las columnas de grava y el contraste de rigidez (razón entre módulo de elasticidad de la columna y el suelo). La Tabla 4.2 muestra las características principales de los modelos desarrollados.

Tabla 4.2: Condiciones para los modelos realizados en GeoStudio 2012

Arcilla	Blanda
Configuración en planta de columnas	Triangular
Ángulos de fricción interna de columnas [°]	35 - 45
Contraste de rigidez (n)	2 - 8
Área de reemplazo [%]	5,7 - 8,2 - 11,1 - 14,5 - 18,4

Fuente: Creación Propia (2016).

Se consideró que el material de apoyo para el terraplén es una arcilla blanda, pues es el más sensible al método de mejoramiento propuesto. Este suelo fue representado mediante el modelo constitutivo *Modified Cam Clay* (MCC) desarrollado por Roscoe y Burland (1968), el cual considera cuatro principios: propiedades elásticas, superficie de fluencia, potencial plástico y ley de endurecimiento (Camacho y Reyes, 2005), permitiendo representar de forma más apropiada el comportamiento no-lineal de este tipo de suelos en relación a otros modelos populares disponibles en la literatura, como por ejemplo el de Mohr-Coulomb. Los parámetros estimados para este material se obtuvieron de valores típicos de la literatura (Muir Wood, 2003), los cuales se indican en la tabla 4.3, indicando además el significado de estos parámetros en la tabla 4.4.

Tabla 4.3: Parámetros usados en el modelo elasto-plástico Modified Cam Clay (MCC)

Tipo arcilla	OCR	Poisson Ratio	Lambda	Kappa	e0	Phi
Blanda	1,00	0,40	0,30	0,03	2,00	23,00

Fuente: Creación Propia (2016).

Tabla 4.4: Descripción de los parámetros usados en el modelo elasto-plástico Modified Cam Clay (MCC)

Parámetros	Descripción
O.C. Ratio	Razón de Sobre-Consolidación
Poisson's Ratio (ν)	Razón de Poisson
Lambda (λ)	Pendiente de la línea de consolidación normal
Kappa (κ)	Pendiente de la línea de sobre-consolidación
Init. Void Ratio (e0)	Índice de vacíos inicial
Phi (Ø)	Ángulo de fricción interna arcilla

Fuente: Creación Propia (2016).

Para la aplicación de las propiedades y las condiciones usadas, se realizarán 20 modelos, sin incluir el modelo inicial del suelo no mejorado. El modelo de arcilla blanda sin mejoramiento fue realizado por etapas (Figuras 4.5 hasta 4.11), considerando inicialmente una arcilla blanda in-situ, que se modela como un material lineal elástico. Las condiciones de bordes consideradas son; apoyo simple en los bordes laterales (que permiten el desplazamiento vertical) y apoyo fijo en la base del estrato (simulando que se apoya sobre un estrato firme), con un nivel de napa freática en la superficie del terreno arcilloso. Posteriormente, para dar inicio a la construcción del terraplén se considerará un modelo "soft-clay" en la nomenclatura de Sigma/W (*que corresponde al modelo Modified Cam-Clay*) el cual considera el análisis in-situ como precedente e incluye los siguientes parámetros: razón de sobre consolidación, coeficiente de Poisson, Lambda, Kappa, índice de vacíos y propiedades hidráulicas. Para la construcción de cada capa de terraplén se dejarán pasar 20 días con el objetivo de completar un terraplén con altura de 5,0 m. (en total serán 100 días hasta que se complete) siendo el espesor de cada una de 1,0 m de altura. Finalmente, se procede con la etapa de consolidación, la cual se consideró un tiempo de 500 días. Este tiempo fue aquel, para el cual numéricamente el exceso de presión de poros generado por el terraplén logró estabilizarse. Cabe destacar que el tiempo considerado es transversal para todos los modelos analizados en esta memoria.

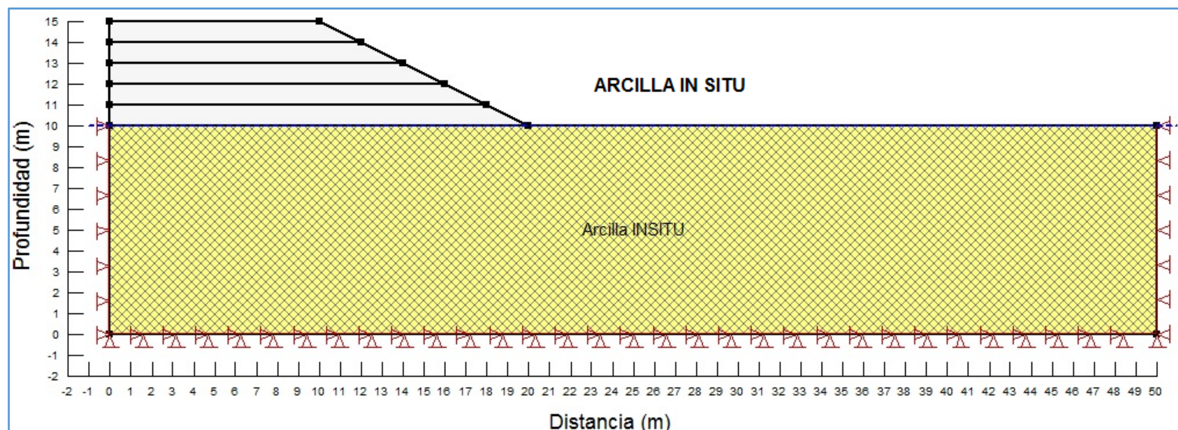


Figura 4.5: Modelo etapa inicial arcilla In-situ y nivel de napa freática a 10 m, con un tiempo de construcción de t= 0 días. de altura. Fuente: GeoStudio 2012.

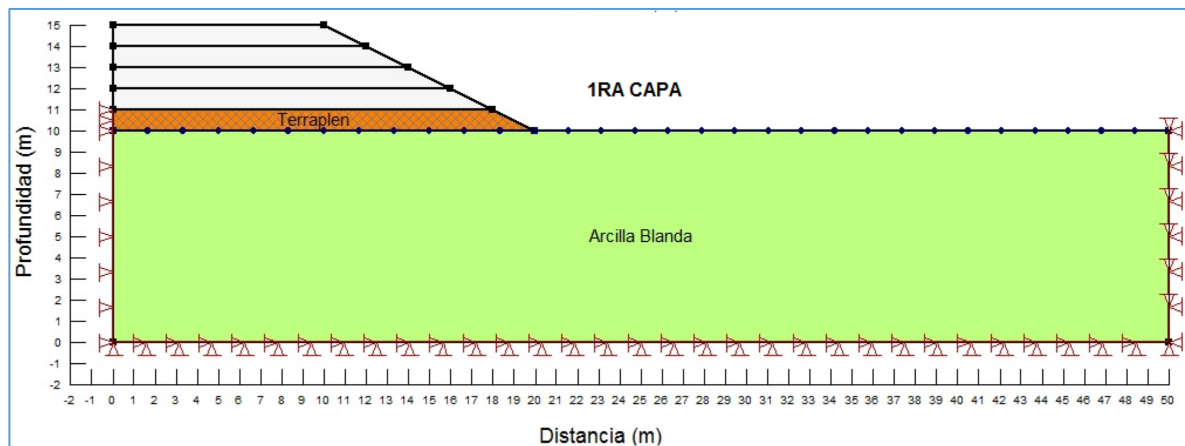


Figura 4.6: Modelo con instalación de 1ra capa de terraplén con un tiempo de construcción de t= 20 días. Fuente: GeoStudio 2012.

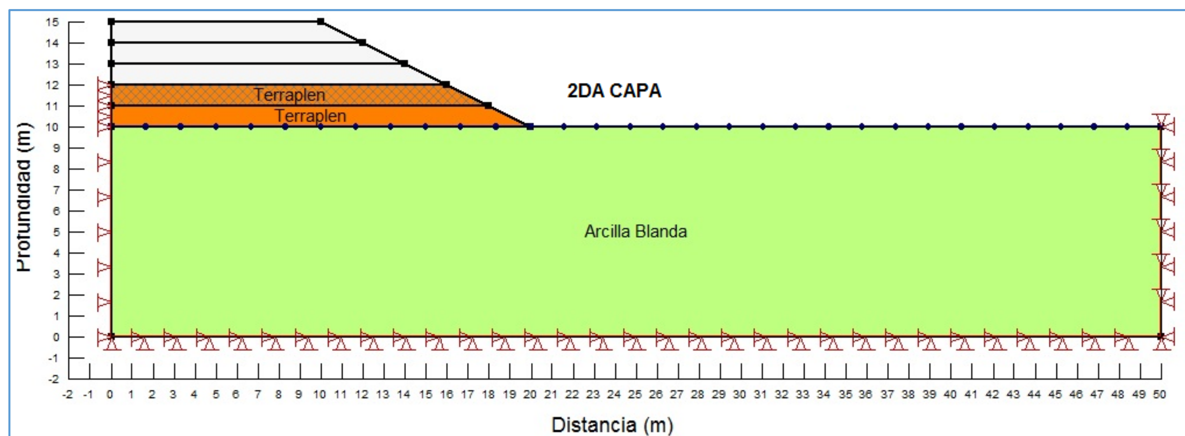


Figura 4.7: Modelo con instalación de 2da capa de terraplén con un tiempo de construcción de t= 20 días. Fuente: GeoStudio 2012.

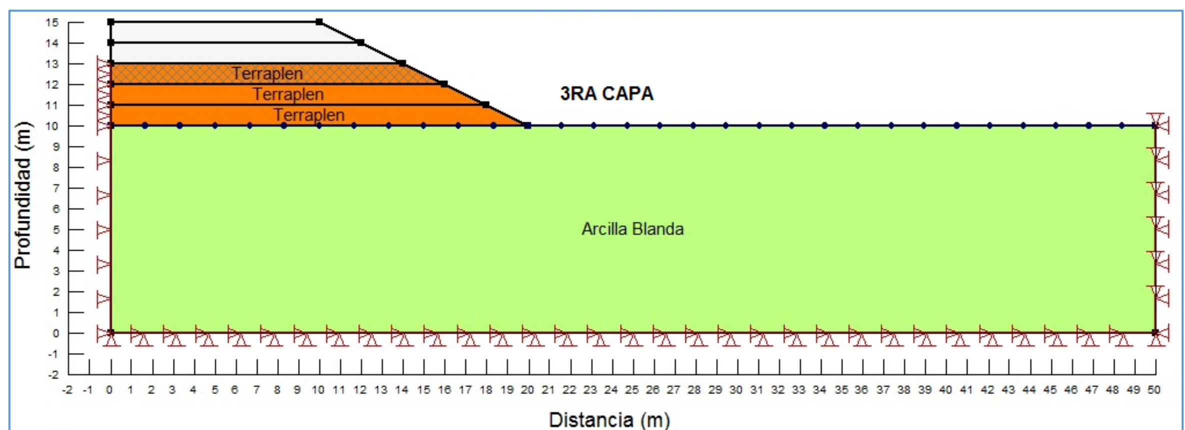


Figura 4.8: Modelo con instalación de 3ra capa de terraplén con un tiempo de construcción de t= 20 días. Fuente: GeoStudio 2012.

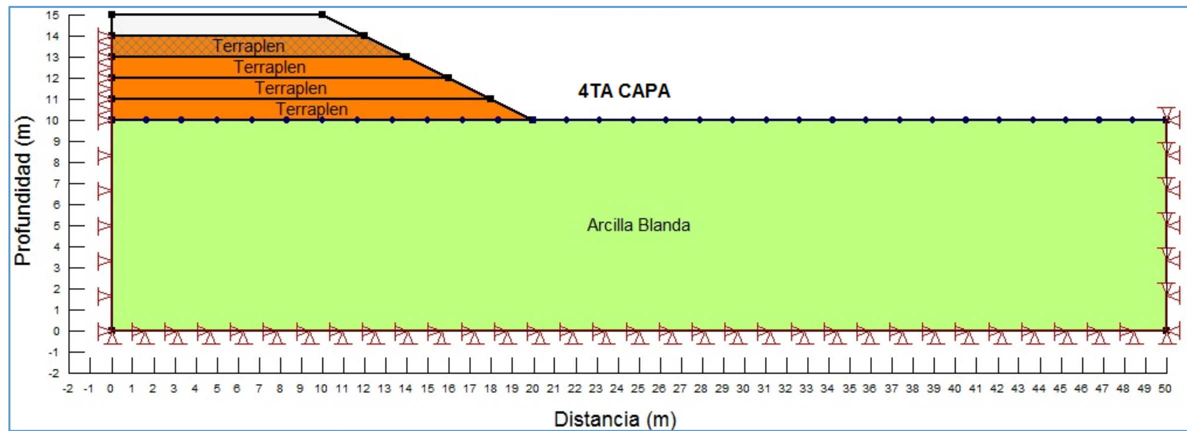


Figura 4.9: Modelo con instalación de 4ta capa de terraplén con un tiempo de construcción de t= 20 días. Fuente: GeoStudio 2012.

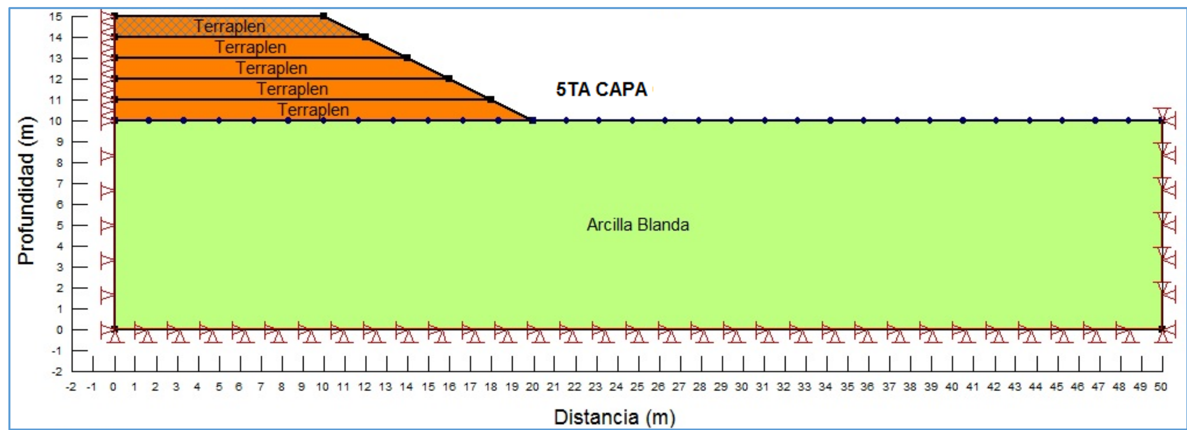


Figura 4.10: Modelo con instalación de 5ta capa de terraplén con un tiempo de construcción de t= 20 días. Fuente: GeoStudio 2012.

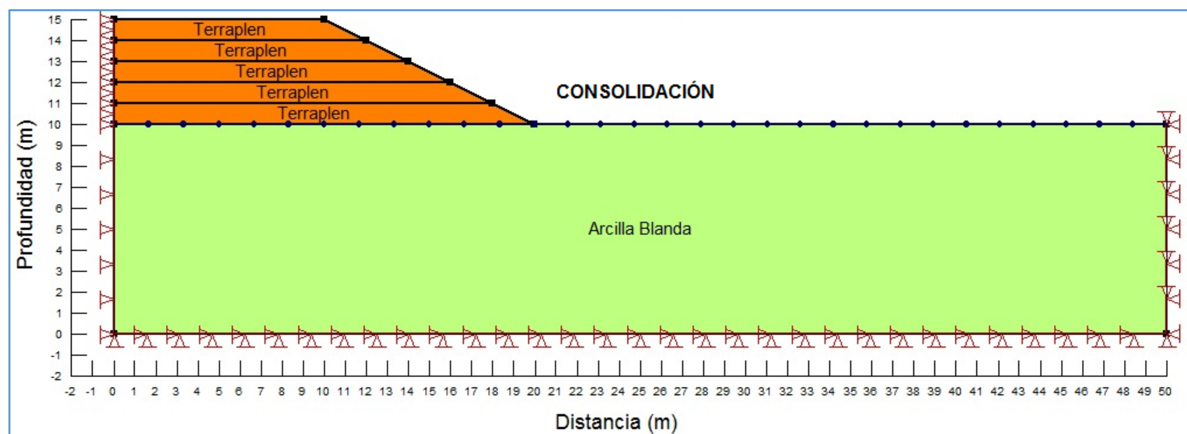


Figura 4.11: Modelo para el proceso de consolidación con un tiempo de duración t= 500 días. Fuente: GeoStudio 2012

En base al modelo de arcilla blanda sin mejoramiento se agregan las columnas de grava, a las cuales se modificó su diámetro a partir de la fórmula 3.13. Este material se modela como de tipo elasto-plástico, con los parámetros que muestra la tabla 4.3. El resultado son los 20 modelos antes mencionados, analizados cada uno con distintos parámetros y condiciones. Así, para las diferentes áreas de reemplazo consideradas se tienen los siguientes modelos (Figuras 4.12 a 4.16).

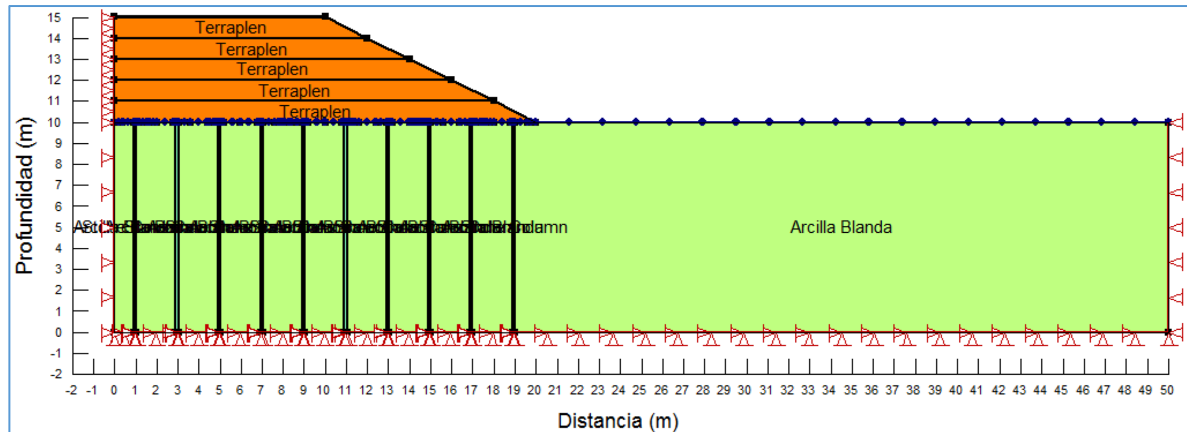


Figura 4.12: Modelo arcilla blanda mejorado mediante el método de columnas de grava para un Ar=5.7%. Fuente: GeoStudio 2012.

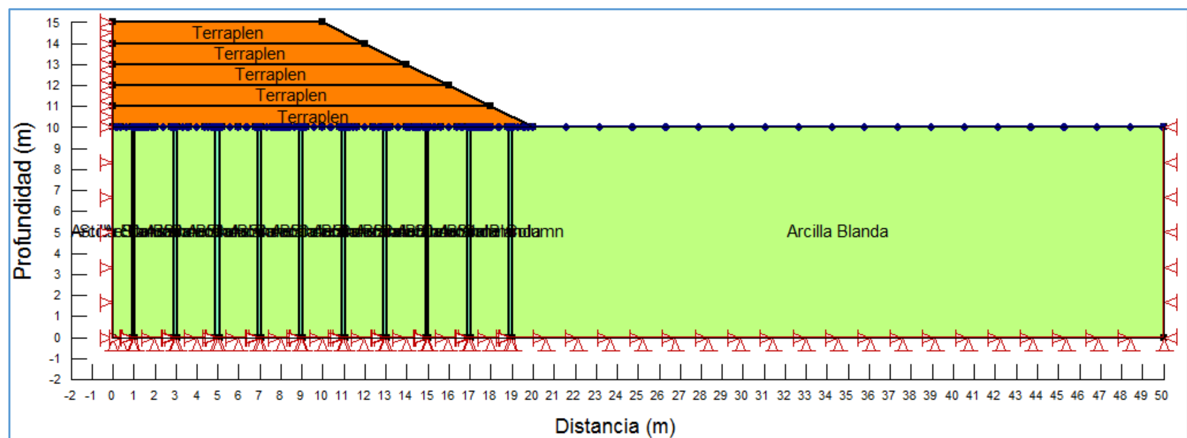


Figura 4.13: Modelo arcilla blanda mejorado mediante el método de columnas de grava para un Ar=8,2%. Fuente: GeoStudio 2012.

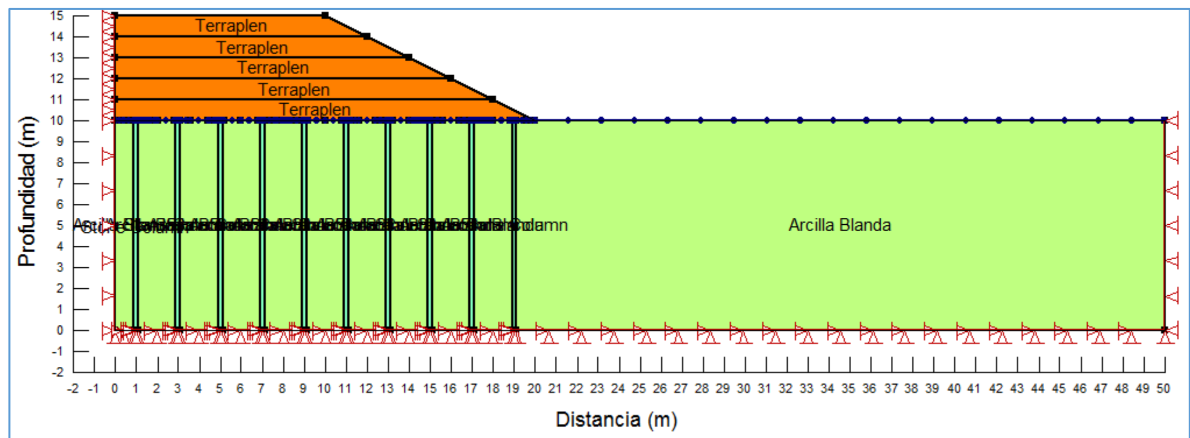


Figura 4.14: Modelo arcilla blanda mejorado mediante el método de columnas de grava para un Ar=11.1%. Fuente: GeoStudio 2012.

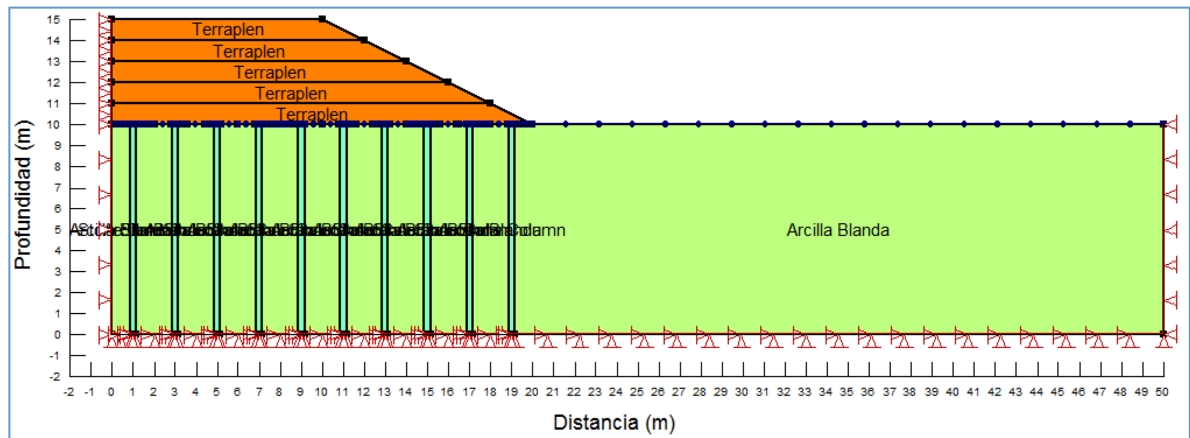


Figura 4.15: Modelo arcilla blanda mejorado mediante el método de columnas de grava para un Ar=14,5%. Fuente: GeoStudio 2012.

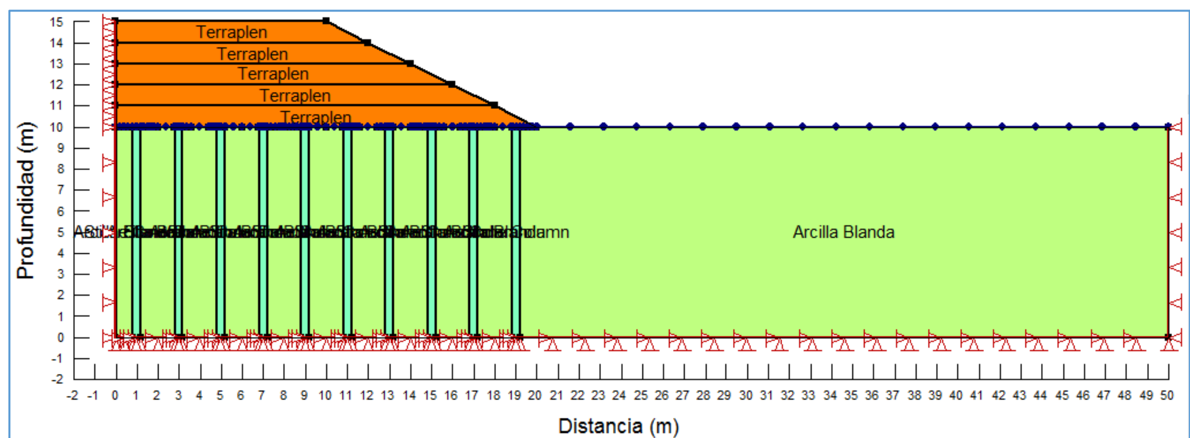


Figura 4.16: Modelo arcilla blanda mejorado mediante el método de columnas de grava para un Ar=18,4%. Fuente: GeoStudio 2012.

5 Resultados

5.1 Gráficos comparativos entre el método propuesto en la FHWA (1983) y el método de Priebe (n_2) (1995)

Los siguientes gráficos comparan el factor de mejoramiento s*/s obtenido mediante ambos métodos, en donde s* equivale al asentamiento mejorado y “s” al asentamiento sin mejora; siendo este factor el que varía en función del área de reemplazo (Ar).

Por medio del método de Priebe (n_2) se realiza el análisis considerando diferentes ángulos de fricción interna de las columnas (Ø) (35°,37.5°, 40°,42.5° y 45°) además de la compresibilidad de la columna y la sobrecarga del terraplén.

Por otro lado, se incluye también el análisis del método que menciona la FHWA (1983), el cual no considera el ángulo de fricción interna para obtener el factor de mejoramiento. Sólo se tiene en cuenta la fórmula de consolidación primaria para arcillas normalmente consolidadas.

Las curvas obtenidas también estarán en función del contraste de rigidez de la columna y el suelo (n=2, n=3, n=4, n=5, n=6, n=7, n=8), lo cual dará origen a 7 gráficos por tipo de arcilla.

Arcilla Blanda

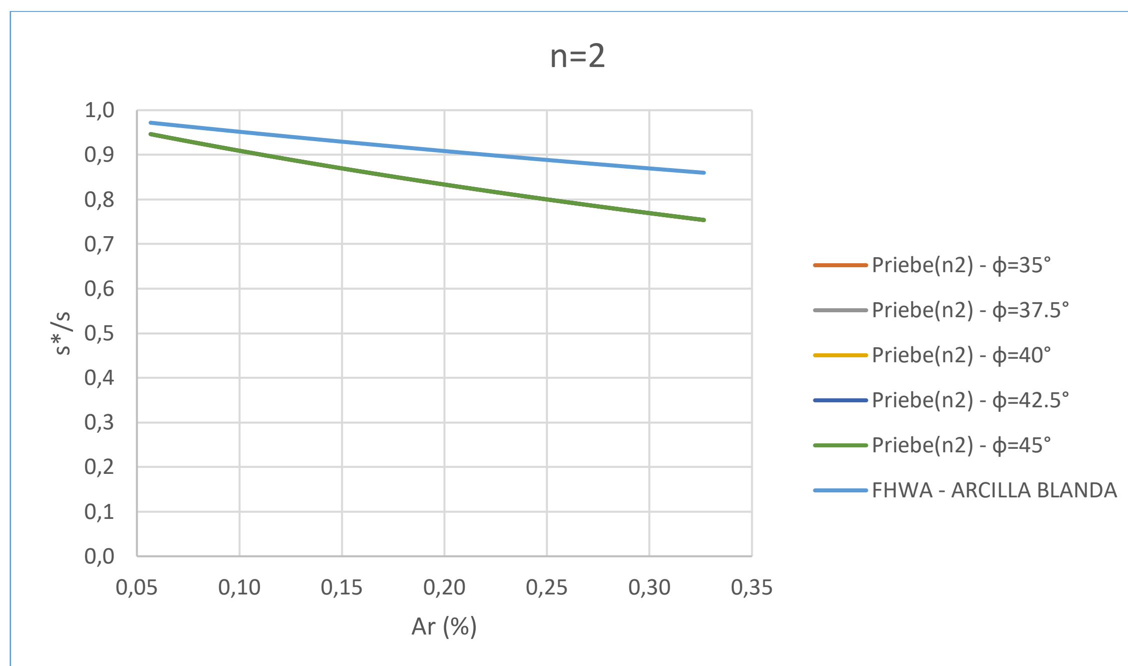


Gráfico 5.1: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=2. Fuente: Elaboración Propia (2016).

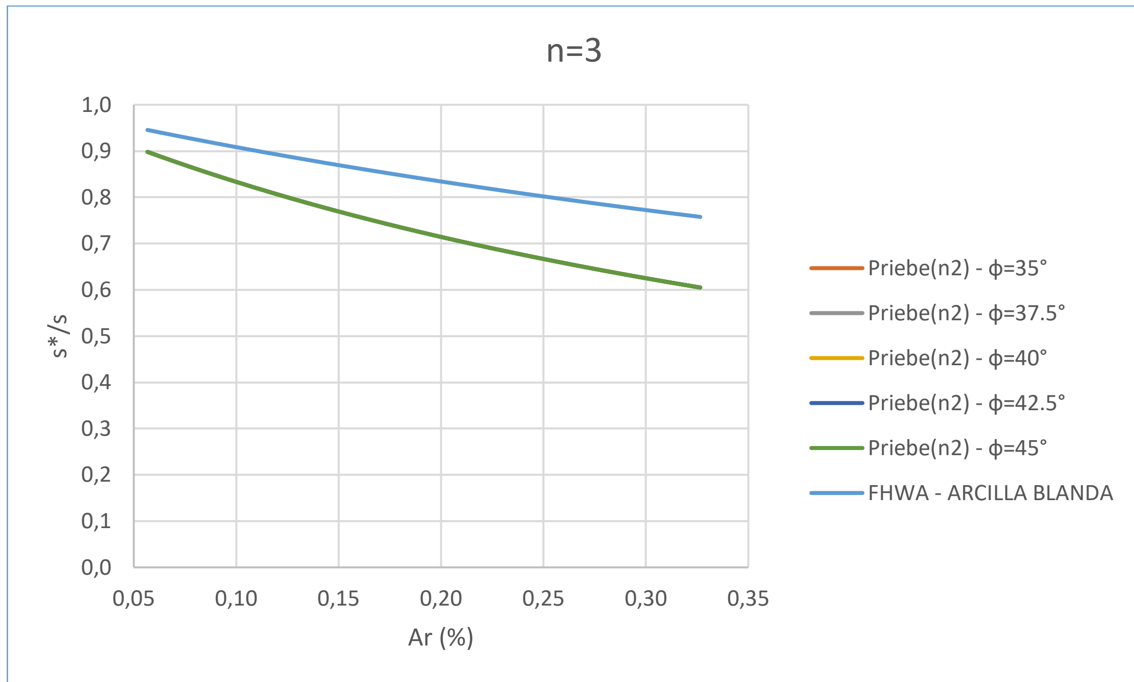


Gráfico 5.2: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=3. Fuente: Elaboración Propia (2016).

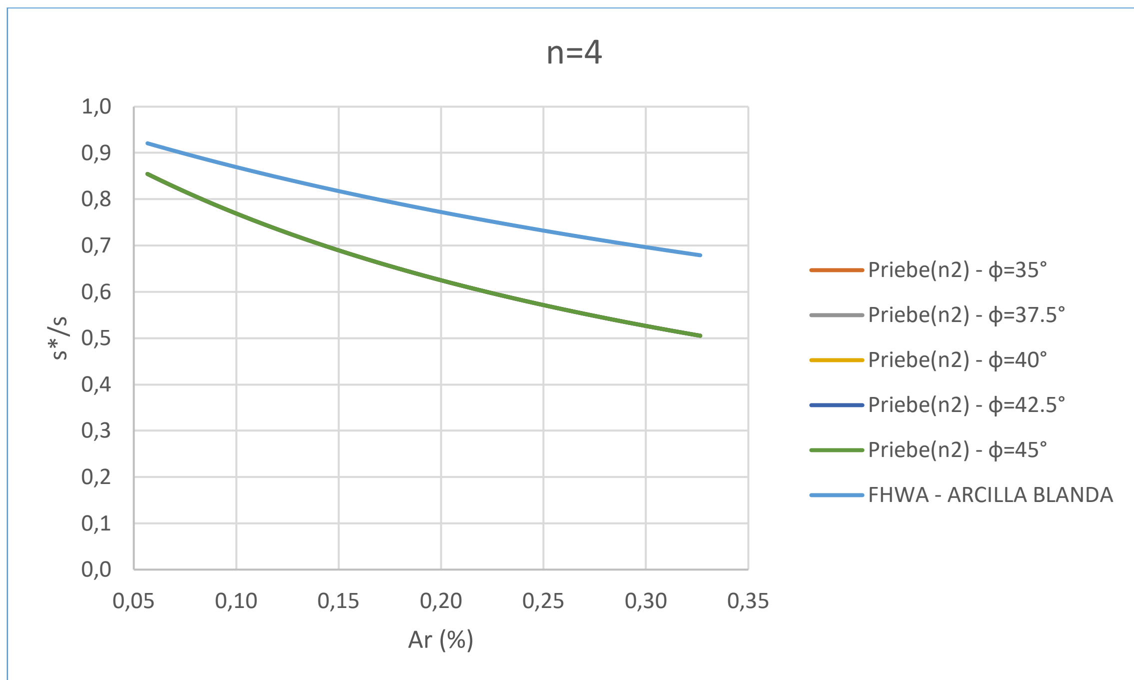


Gráfico 5.3: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=4. Fuente: Elaboración Propia (2016).

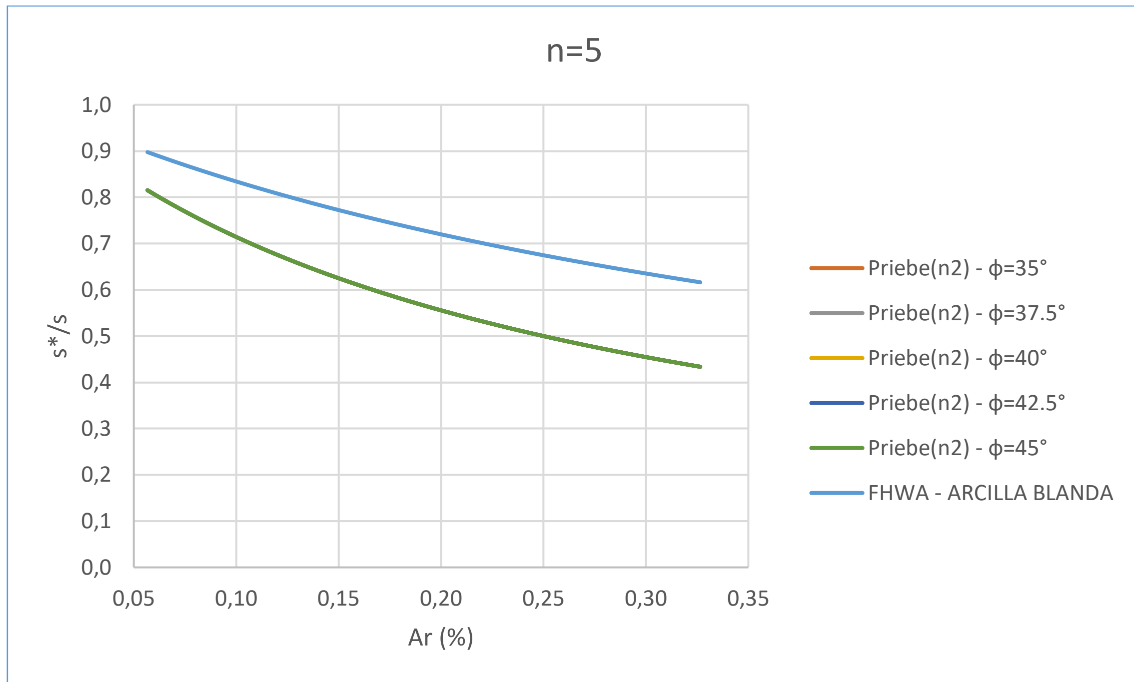


Gráfico 5.4: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=5. Fuente: Elaboración Propia (2016).

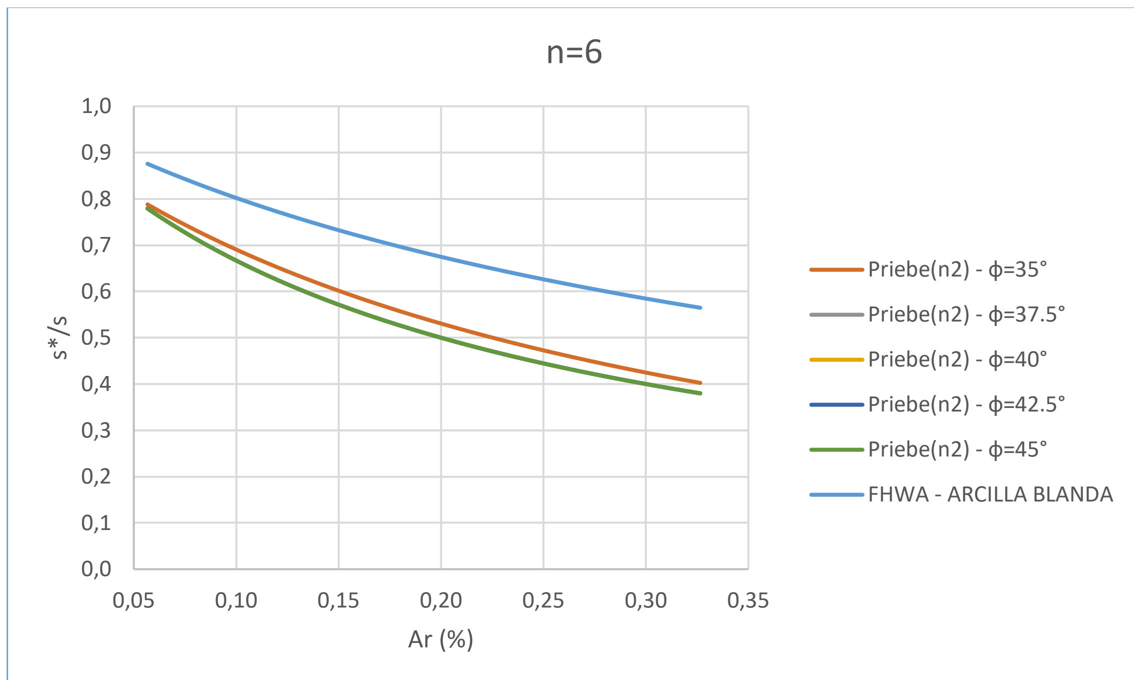


Gráfico 5.5: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=6. Fuente: Elaboración Propia (2016).

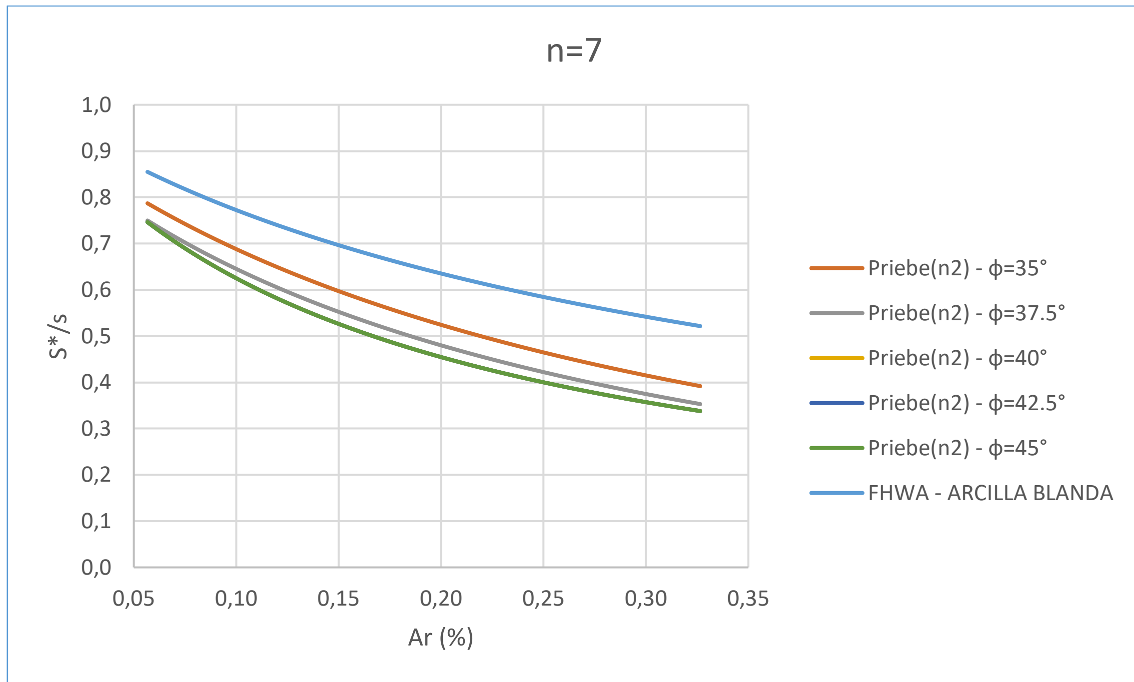


Gráfico 5.6: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=7. Fuente: Elaboración Propia (2016).

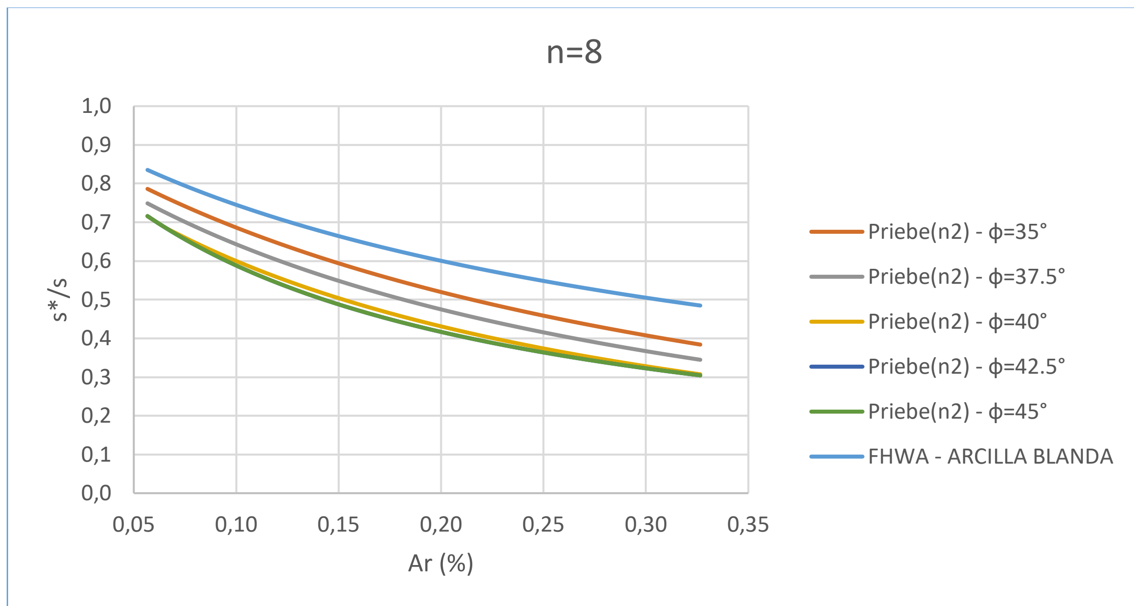


Gráfico 5.7: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=8. Fuente: Elaboración Propia (2016).

Arcilla Media

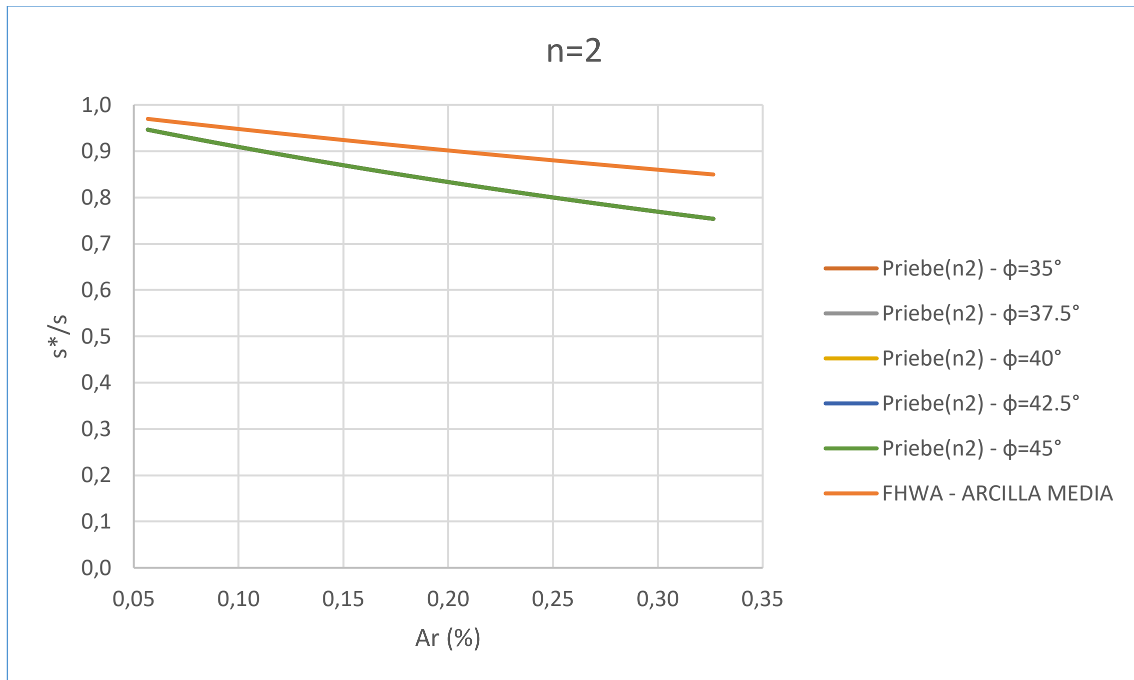


Gráfico 5.8: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=2. Fuente: Elaboración Propia (2016).

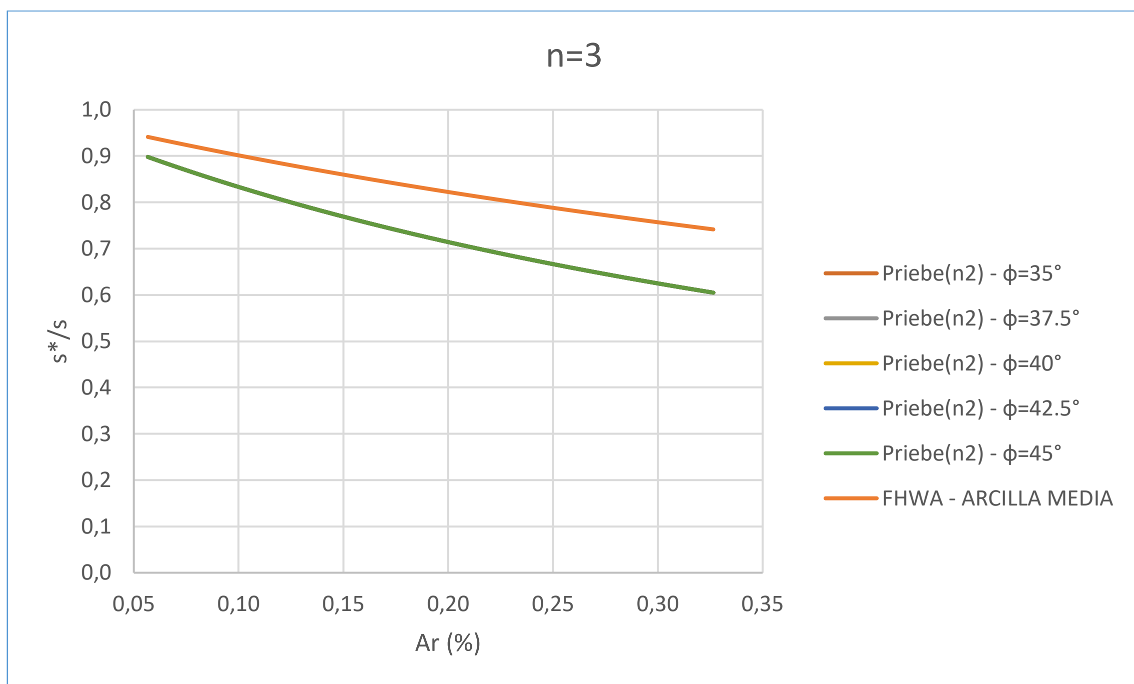


Gráfico 5.9: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=3. Fuente: Elaboración Propia (2016).

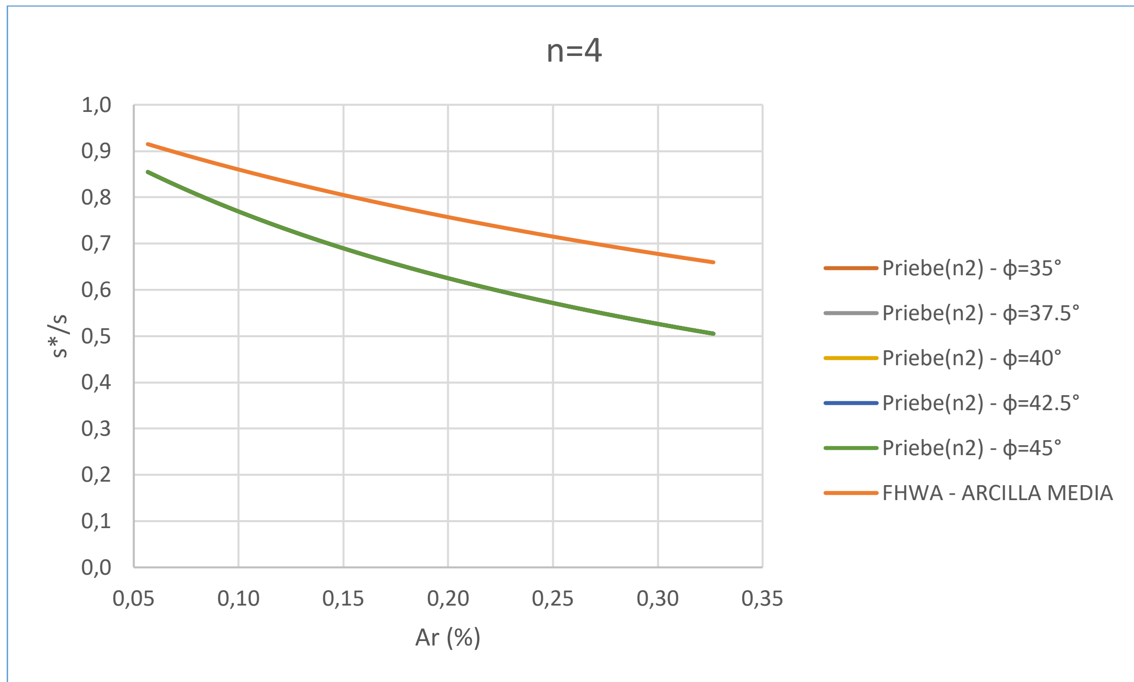


Gráfico 5.10: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=4. Fuente: Elaboración Propia (2016).

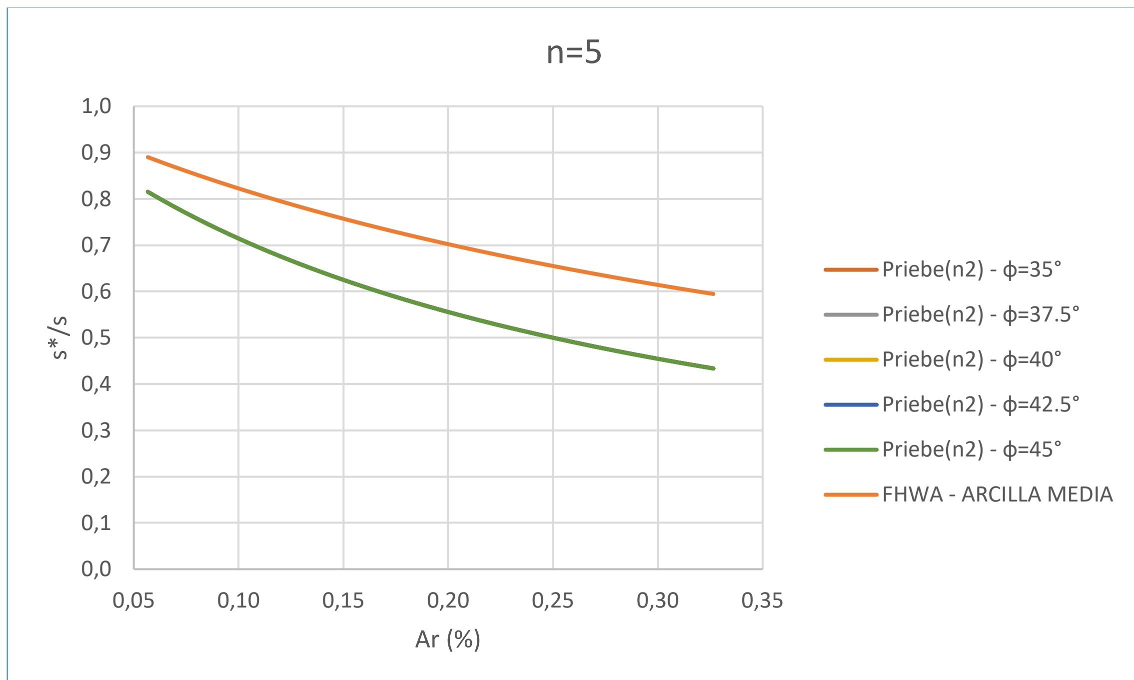


Gráfico 5.11: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=5. Fuente: Elaboración Propia (2016).

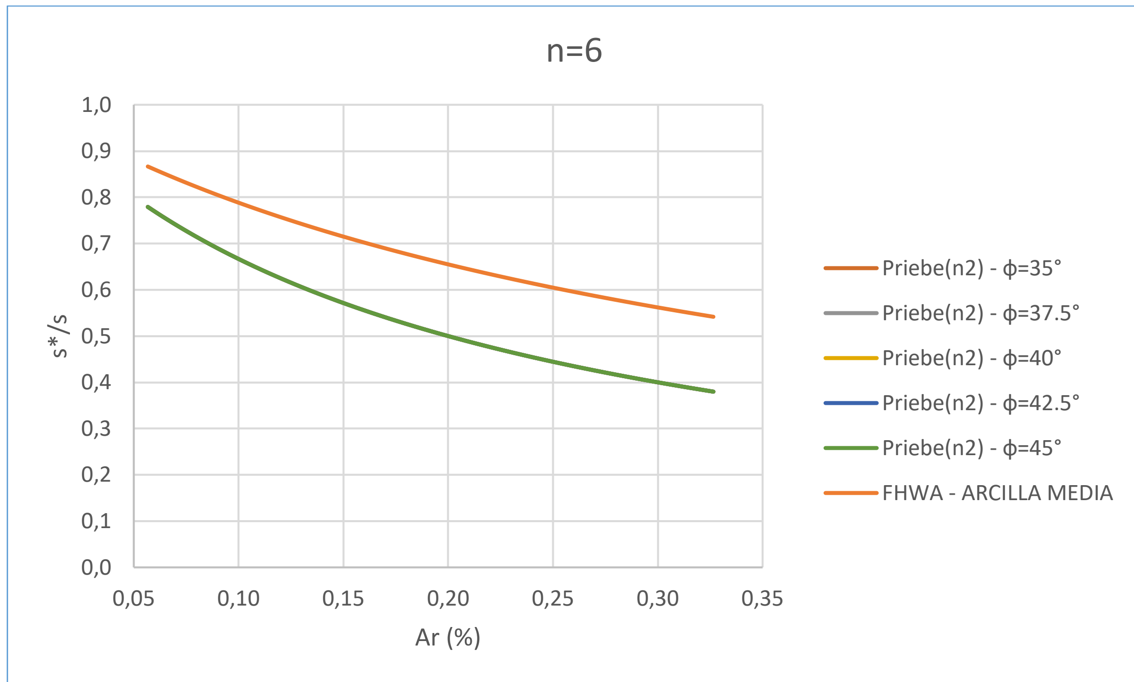


Gráfico 5.12: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=6. Fuente: Elaboración Propia (2016).

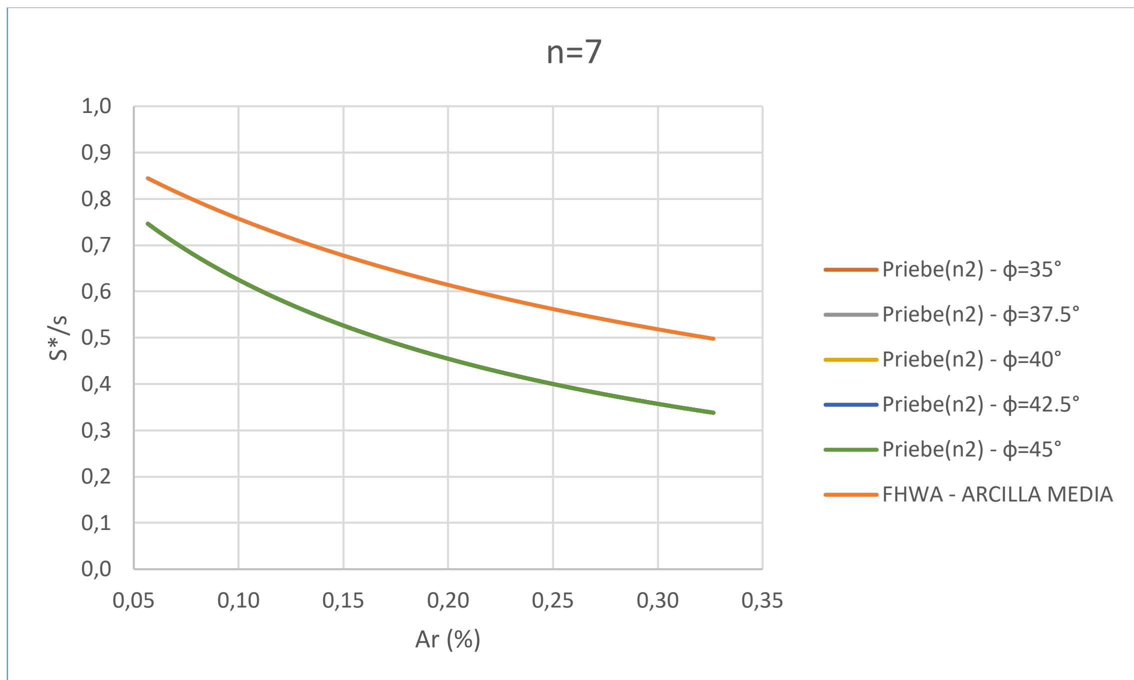


Gráfico 5.13: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=7. Fuente: Elaboración Propia (2016).

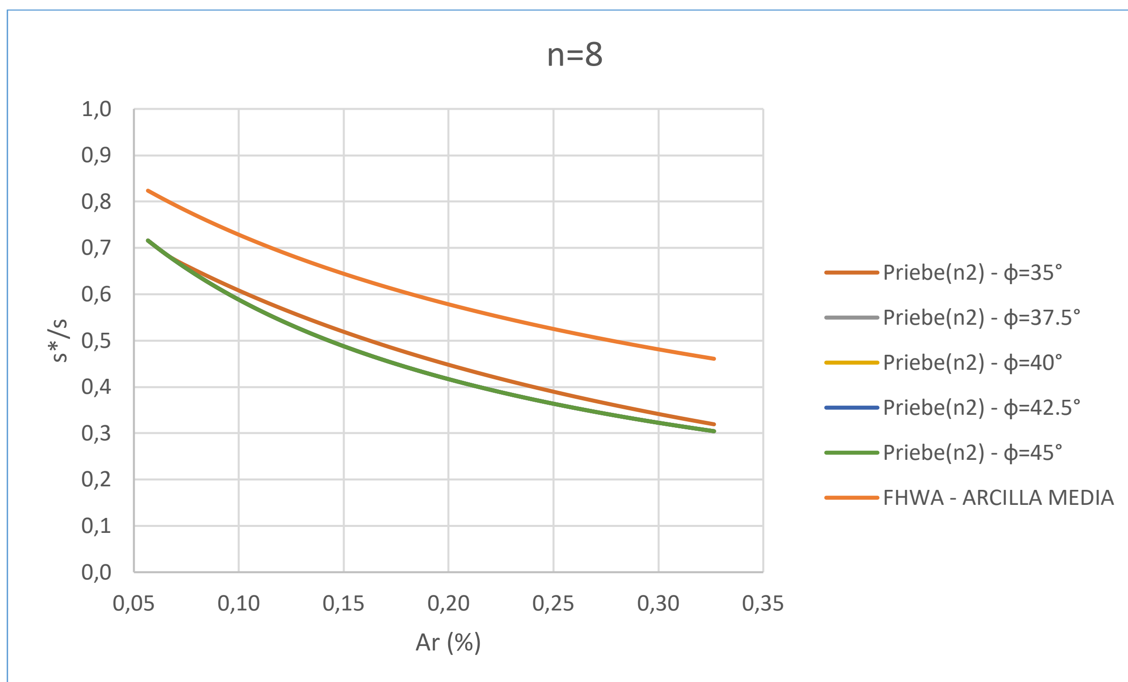


Gráfico 5.14: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=8. Fuente: Elaboración Propia (2016).

Arcilla Firme

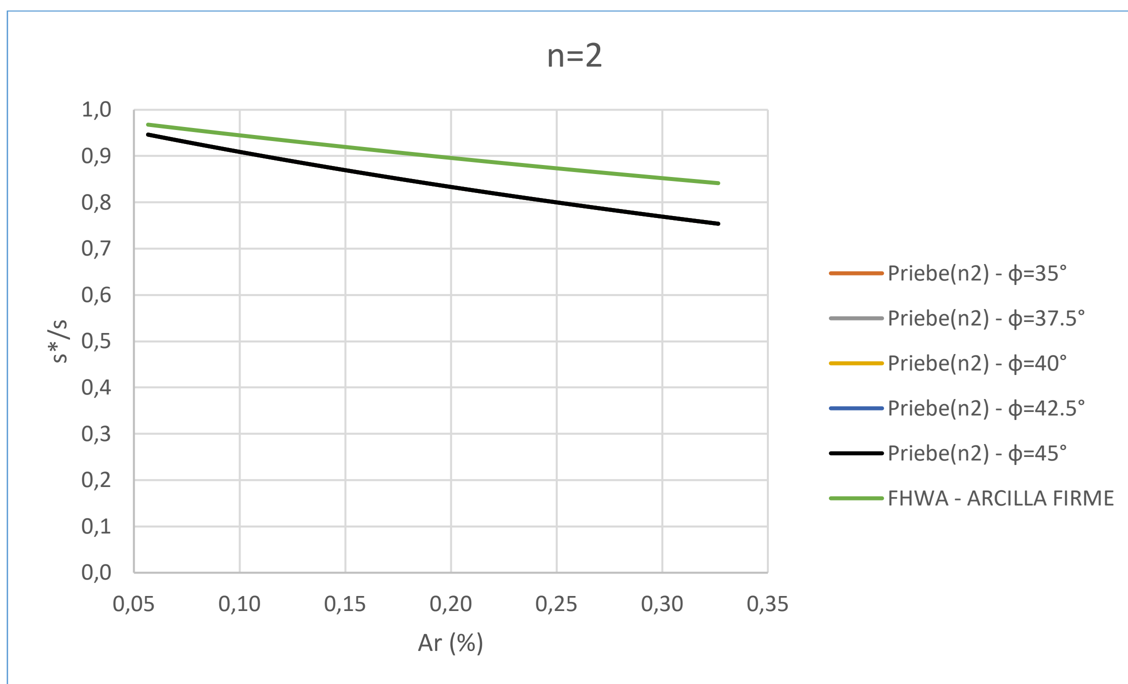


Gráfico 5.15: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=2. Fuente: Elaboración Propia (2016).

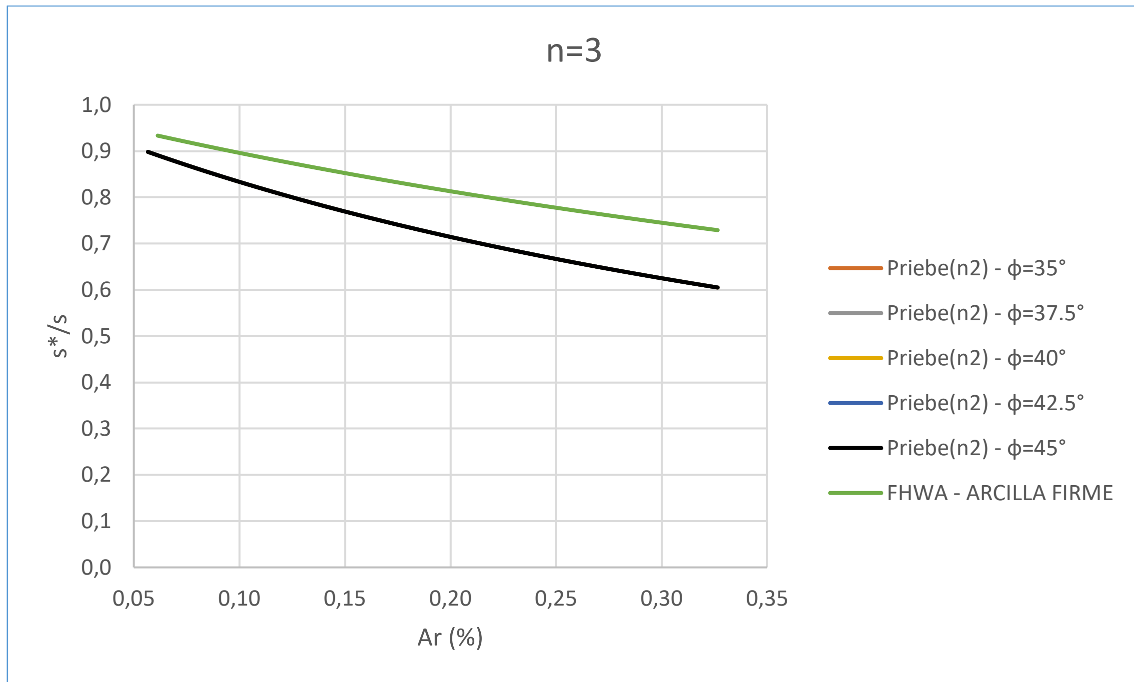


Gráfico 5.16: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=3. Fuente: Elaboración Propia (2016).

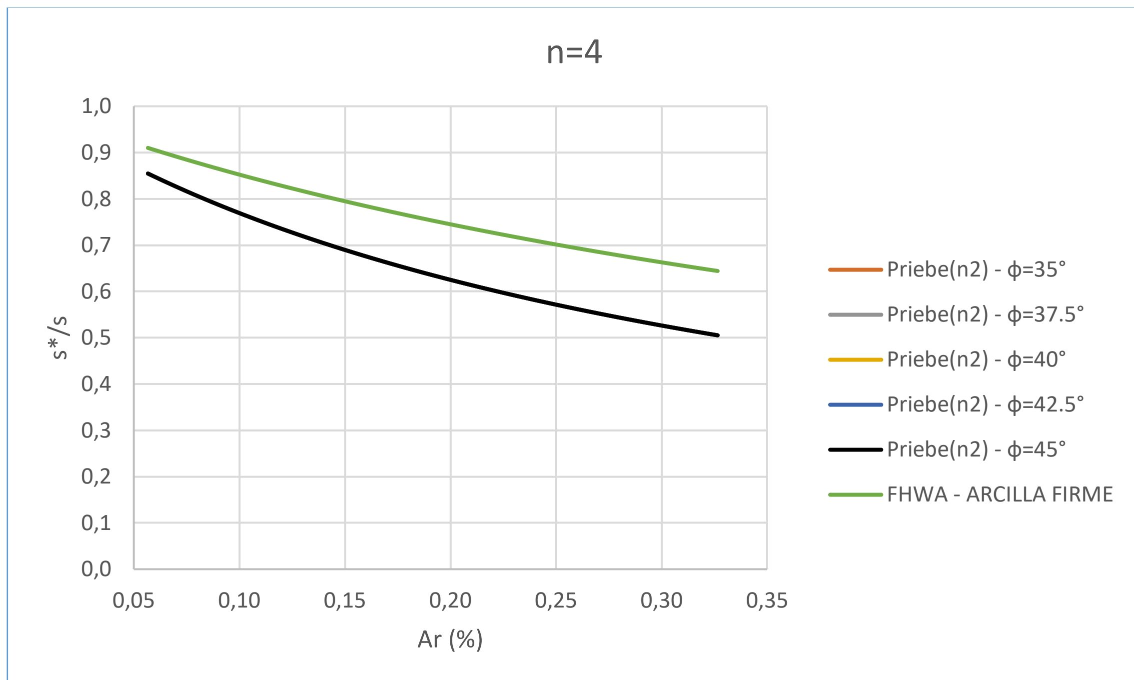


Gráfico 5.17: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=4. Fuente: Elaboración Propia (2016).

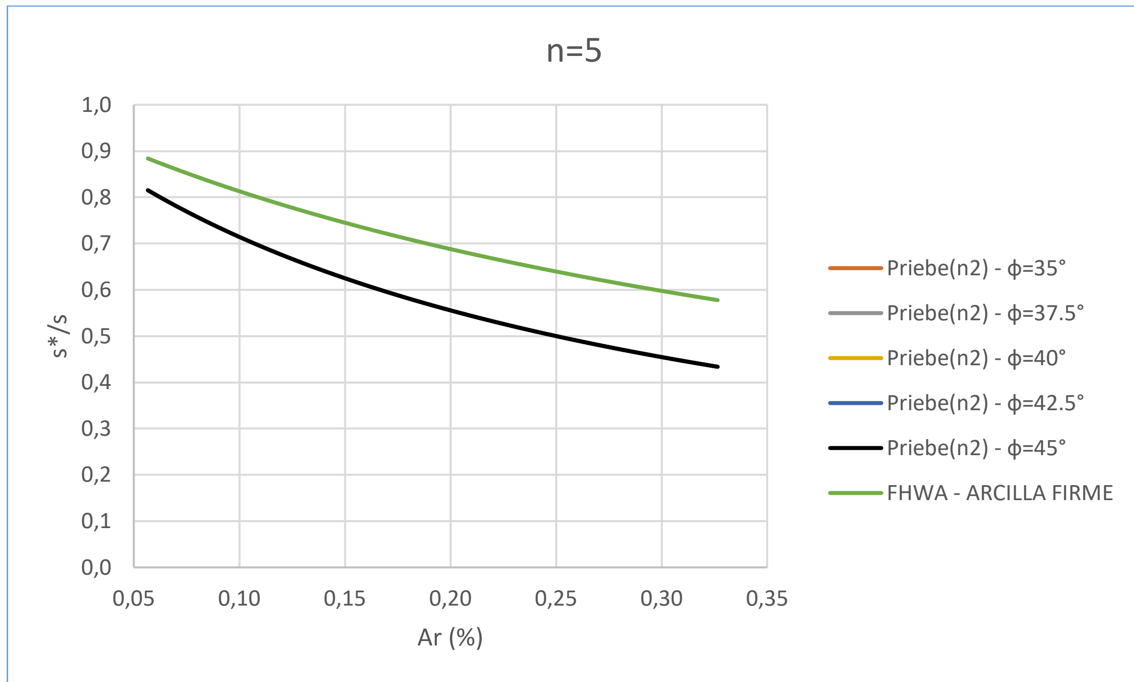


Gráfico 5.18: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=5. Fuente: Elaboración Propia (2016).

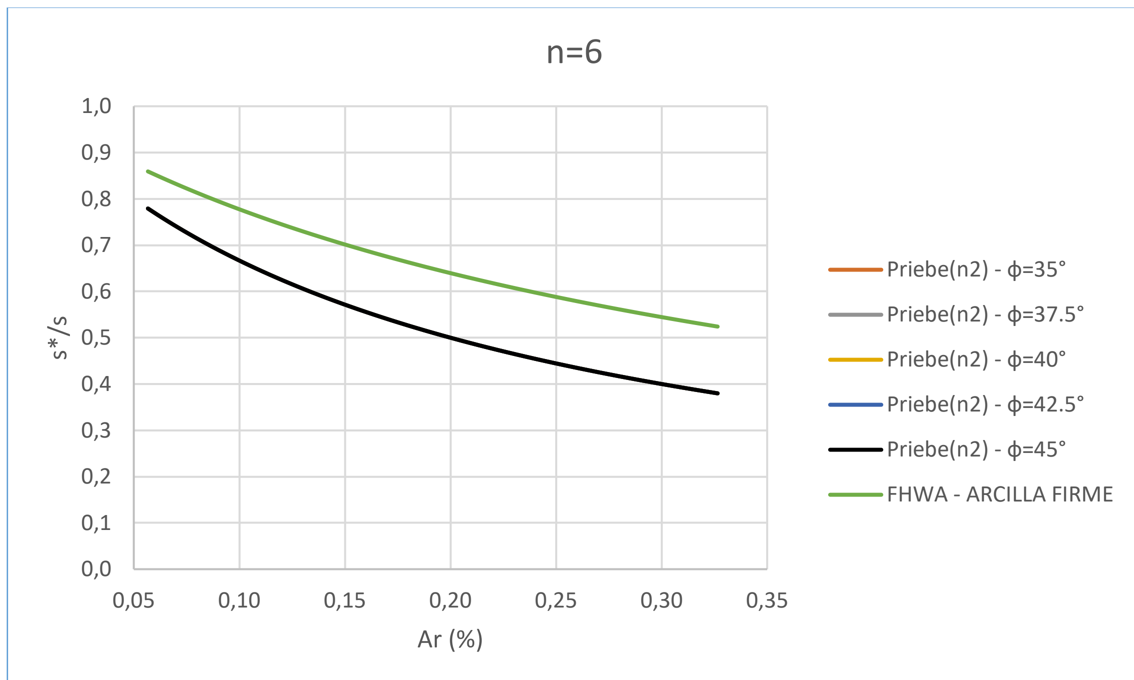


Gráfico 5.19: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=6. Fuente: Elaboración Propia (2016).

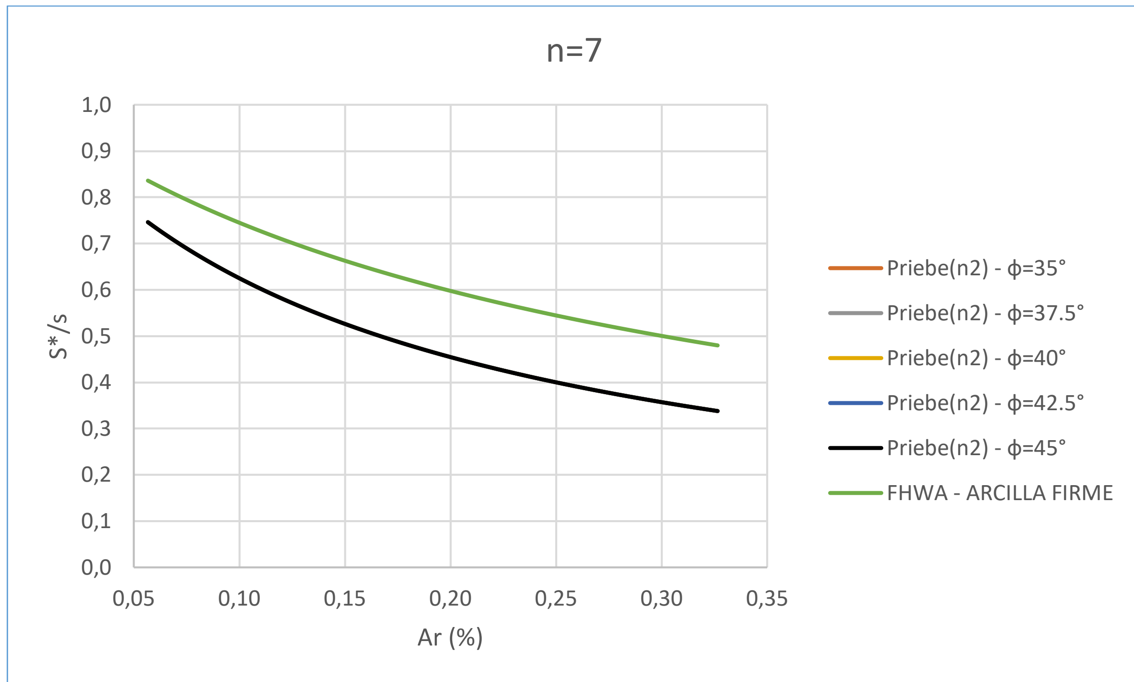


Gráfico 5.20: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=7. Fuente: Elaboración Propia (2016).

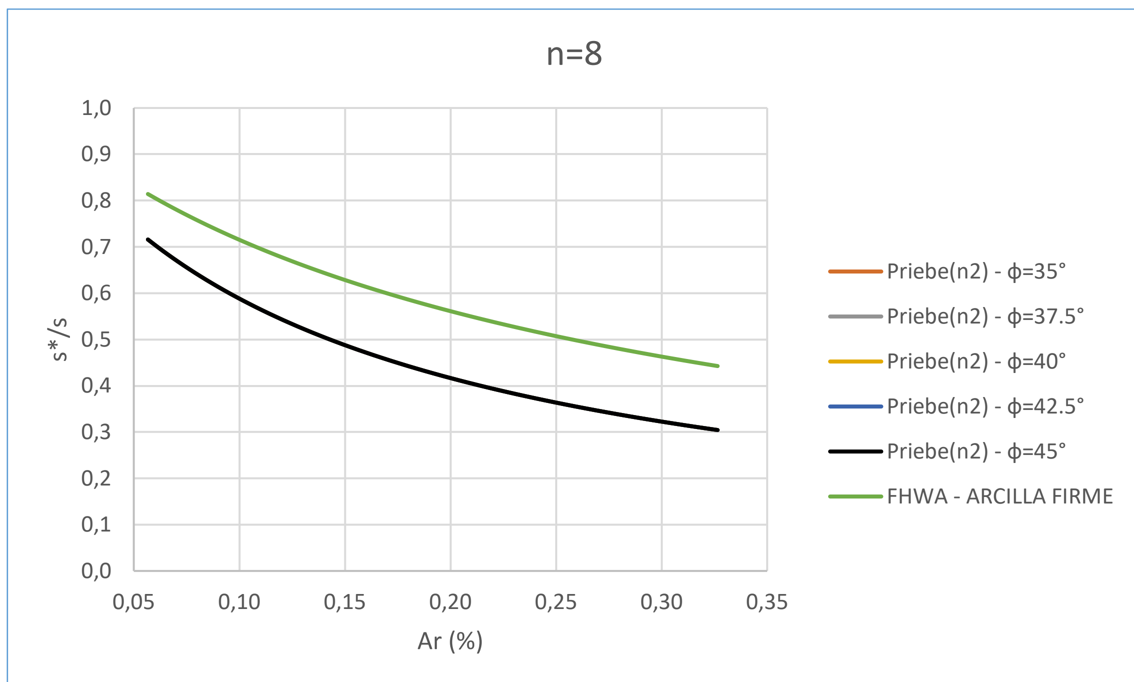


Gráfico 5.21: Gráfico comparativo por medio del método de Priebe y el método propuesto en la FHWA para un n=8. Fuente: Elaboración Propia (2016).

En los gráficos se expone la comparación de los métodos de mejoramiento propuestos por Priebe (1995) y en la FHWA (1983), aplicado sobre diferentes arcillas (blanda, media y firme). En cada gráfico se muestra la relación entre el área de reemplazo y el factor de mejoramiento del suelo. Cabe mencionar que el método propuesto por Priebe (1995) incorpora diferentes ángulos de fricción interna en su análisis. Además, se realizan análisis para dichas variables según distintos contrastes de rigidez entre columna y suelo.

Se observa que al aplicar el método propuesto por Priebe sobre diferentes arcillas, el factor de mejoramiento será siempre favorable al aumentar el área de reemplazo. Sin embargo, en términos marginales, el mejoramiento es menos eficiente en la medida que los niveles de área de reemplazo aumentan.

En arcillas blandas, al aplicar el método propuesto por Priebe, los ángulos de fricción interna empiezan a ser un factor relevante a partir de un contraste de rigidez "n" igual a 6. Contrastes menores a este valor resultan en una superposición de curvas, siendo el ángulo de fricción interna poco significativo. Diferente es lo que ocurre con el método expuesto en la FHWA, en donde a mayor contraste de rigidez mayor mejoramiento; independiente del ángulo de fricción interna de la columna.

En arcillas medias, al aplicar el método propuesto por Priebe se observa que el ángulo de fricción interna empieza a ser relevante sólo para un contraste de rigidez de 8, de modo que el método predice que para valores inferiores no resulta significativo el tipo de grava que se considera en el diseño. Por otro lado, al aplicar el método mencionado en la FHWA se evidencia que las curvas siempre descienden, lo cual implica un mejoramiento del suelo independiente de los parámetros de diseño considerados para el ángulo de fricción interna de las columnas de grava.

Por último, en arcillas firmes al aplicar el método propuesto por Priebe, los ángulos de fricción interna no son significativos, traslapándose las curvas en todos los gráficos sin importar el contraste de rigidez que exista.

Por lo tanto, al comparar estos dos métodos, se observa que ambos tienen relevancia para la estimación de la reducción de los asentamientos de terraplenes sobre suelos finos mejorados mediante columnas de grava. Sin embargo, en todos los casos analizados, el método propuesto por la FHWA entrega estimaciones más conservadoras el que desarrollado por Priebe.

5.2 Resultados obtenidos mediante análisis numérico

Las tablas 5.1 y 5.2 muestran los resultados obtenidos mediante el análisis numérico para las propiedades y condiciones mencionadas en las tablas 4.1 y 4.2 (para arcilla blanda). Para mayor detalle sobre estos resultados se sugiere consultar el Anexo A de la memoria.

Tabla 5.1: Resultados de los asentamientos no mejorados (s) y mejorados (s) para contrastes de rigidez de n=2 y n=8, ángulos de fricción interna de ϕ=35° y ϕ=45° para las 5 diferentes áreas de reemplazo.*

				NO MEJORADO	MEJORADO			
				E=15000 [kPa]	n=2; E=30000 [kPa]		n=8; E=120000 [kPa]	
					Φ=35°	Φ=45°	Φ=35°	Φ=45°
Ar	**Separación (m)**	**d (m)**	**dw (m)**	**s (m)**	**s* (m)**	**s* (m)**	**s* (m)**	**s* (m)**
6%	2,0	0,5	0,11	0,818	0,502	0,400	0,197	0,145
8%	2,0	0,6	0,16	0,818	0,406	0,308	0,135	0,099
11%	2,0	0,7	0,22	0,818	0,327	0,238	0,099	0,073
15%	2,0	0,8	0,29	0,818	0,257	0,181	0,073	0,053
18%	2,0	0,9	0,37	0,818	0,206	0,141	0,057	0,042

Fuente: Creación propia (2016).

Tabla 5.2: Factor de mejoramiento para contrastes de rigidez de n=2 y n=8, ángulos de fricción interna de ϕ=35° y ϕ=45° para las 5 diferentes áreas de reemplazo.

RAZÓN ENTRE ASENTAMIENTOS (MEJORADO Y NO MEJORADO)			
n=2; E=30000 [kPa]		n=8; E=120000 [kPa]	
Φ=35°	Φ=45°	Φ=35°	Φ=45°
s*/s	**s*/s**	**s*/s**	**s*/s**
0,614	0,489	0,241	0,177
0,496	0,377	0,165	0,121
0,400	0,291	0,121	0,089
0,314	0,221	0,089	0,065
0,252	0,172	0,070	0,051

Fuente: Creación propia (2016).

5.3 Gráficos comparativos entre métodos simplificados y análisis numérico

Los gráficos 5.22 y 5.23 comparan el factor de mejoramiento en función del área de reemplazo para el método propuesto en la FHWA y el método de Priebe, que considera la compresibilidad de la columna y la sobrecarga de terraplén, para diferentes contrastes de rigidez (n). Las curvas de Priebe fueron analizadas para diferentes ángulos de fricción interna como lo muestran en las figuras 4.12 a 4.16.

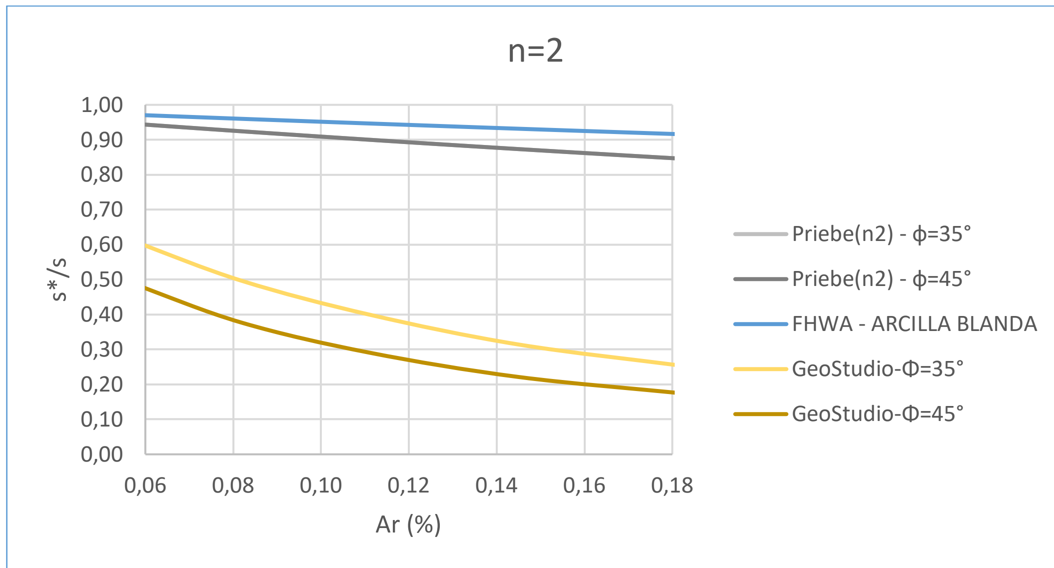


Gráfico 5.22: Curvas comparativas entre el método mencionado en la FHWA, Priebe (n2) y Software GeoStudio 2012 y su módulo Sigma/W para un contraste de rigidez n=2. Fuente: Creación Propia (2016).

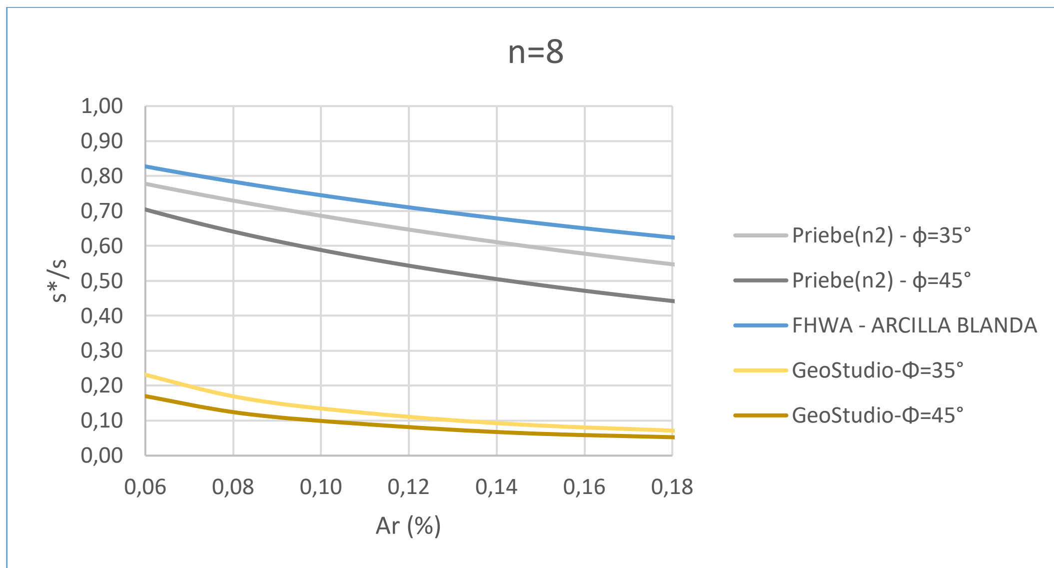


Gráfico 5.23: Curvas comparativas entre el método mencionado en la FHWA, Priebe (n2) y Software GeoStudio 2012 y su módulo Sigma/W para un contraste de rigidez n=8. Fuente: Creación Propia (2016).

Los gráficos expuestos comparan métodos de mejoramiento mediante análisis simplificados (propuestos por Priebe y el que se menciona en la FHWA) y análisis numérico realizado en el software GeoStudio 2012 con ayuda de su módulo Sigma/W, analizando además dos contrastes de rigidez (n=2 y n=8) para el caso en que el suelo a mejorar es una arcilla blanda.

Se observa que en ambos casos analizados (n=2 y n=8), los resultados del análisis numérico predicen una reducción de los asentamientos en el terreno significativamente mayor que la que entregan los métodos simplificados, así mismo la diferencia porcentual de reducción de asentamientos entre ambos análisis puede llegar a ser del orden de un 70% (Ar=18%) y 60% (Ar=6%) para contrastes de rigidez de 2 y 8, respectivamente. Esto sugiere, en principio, que los métodos tradicionales para dimensionar soluciones de columnas de grava en suelos blandos podrían ser bastante conservadores.

También es posible apreciar que el contraste de rigidez influye de manera importante en los resultados. Al pasar de “n” igual 2 a “n” igual a 8, se produce una reducción de asentamientos relativa que puede llegar a ser incluso de un 35% para un análisis numérico y de hasta un 25% para un análisis tradicional. Por otro lado, y como era de esperar, una columna de grava con mejores propiedades geotécnicas (en este caso, con un mayor ángulo de fricción interna), debiese contribuir a obtener una masa de suelo mejorada de menor compresibilidad y con mejores propiedades hidráulicas (de drenaje).

Finalmente, se observa que para un contraste de rigidez igual a 8, las curvas con un ángulo de fricción interna de 35° y 45° se acercan cada vez más, demostrando que para áreas de reemplazo elevadas, independiente del ángulo de fricción interna de las columnas, estas van a mejorar el suelo de forma similar.

6 Conclusiones

A partir del trabajo realizado, es posible elaborar las siguientes conclusiones:

- La principal diferencia encontrada entre el método de Priebe (1995) y el mencionado en el manual de diseño de la FHWA (1983) se basa en que esta última considera el cálculo del asentamiento en el suelo mejorado a partir de la fórmula general de consolidación primaria, la cual incluye las tensiones iniciales geoestáticas y las inducidas en suelo por el terraplén en el plano medio de capa de análisis a través de un factor de concentración de tensiones; a diferencia del método de Priebe que requiere un análisis precedente para llegar al resultado final. Por lo tanto, si bien el método mencionado en la FHWA (1983) permite cálculos reducidos y rápidos, esto no quiere decir necesariamente que sea mejor o más preciso que el método de Priebe (1995), puesto que de hecho el método de Priebe ofrece un análisis más completo y con mayor información, al agregar la compresibilidad de la columna y el ángulo de fricción interna de la misma.

- Respecto al análisis específico entre áreas de reemplazo y el factor de reducción de asentamientos para los 7 contrastes de rigidez analizados (n=2 hasta n=8), se puede concluir que el método de la FHWA es más conservador que el de Priebe, debido a que el factor s*/s, para una misma área de reemplazo (Ar) es mayor para el primer método; entregando un diseño menos riesgoso (pero que resultará más costoso) a la hora de ser aplicado por el ingeniero proyectista.

- Para el caso de arcilla blanda, en el método de Priebe un factor relevante a considerar es el ángulo de fricción interna, el cual empieza a ser sensible a partir de un contraste de rigidez igual n=6. Por lo tanto, a partir de este valor influye el tipo de grava que se considera en el momento del diseño.

- Para la arcilla media, ocurre lo mismo que para la arcilla blanda, pero las superposiciones de las curvas ocurren hasta un contraste de rigidez n=7. Este resultado es predecible y lógico, pues cambian y mejoran las características del suelo. Lo mismo ocurre para el suelo firme: se necesita un contraste de rigidez mayor a n=8 para ver esta separación entre las curvas analizadas.

- Respecto del análisis comparativo entre los métodos de Priebe, FHWA y el software GeoStudio 2012 en conjunto con su módulo Sigma/W, se puede señalar que este último procedimiento predice asentamientos finales (luego

del mejoramiento) menores para un mismo ángulo de fricción interna y un mismo contraste de rigidez, lo cual sugiere que los métodos de diseño simplificados tienden a ser conservadores en general.

- Se estima que la inclusión de parámetros resistentes, modelos constitutivos y propiedades hidráulicas propias de suelos arcillosos, en conjunto con la modelación de la secuencia constructiva propia de un terraplén y la inclusión explícita de la rigidez de las columnas de grava influye en la obtención de reducciones de asentamientos más realistas en relación con las calculadas a través de los métodos simplificados. En ese sentido, el desarrollo de modelos de elementos finitos puede ser un camino interesante para mejorar los métodos disponibles para el dimensionamiento de columnas de grava en suelos donde interese controlar particularmente los asentamientos.

Las conclusiones derivadas de esta memoria deben entenderse válidas sólo en el contexto de los casos analizados, de modo que la generalización de estos aspectos y el análisis de otras configuraciones distintas a las estudiadas abren el camino a futuras investigaciones y memorias acerca del tema.

7 Bibliografía

Bachus, R. D. (1983). Design and Construction of Stone Columns Volume I. *FHWA/RD-83/026*.

Baez, J., & Geoffrey, M. (1993). *Advance in the design of vibro system for the improvement of liquefaction resistance.*

Baker, H. (Noviembre de 2013). *Hayward Baker Inc.* Obtenido de Hayward Baker North American Headquarters: http://www.haywardbaker.com/

Balaam, N. P., & Booker, J. R. (1981). Analysis of rigid rafts supported by granular piles. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.*, 379-403.

BAUER. (2015). Ground improvement. *BAUER*, 10.

Bowles. (1996). *Foundation Analysis And Design.*

Bowles, J. E. (1996). FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. En J. E. Bowles, *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN* (pág. 125). Peoria, Illinois: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Camacho y Reyes. (2005). Application of modified cam-clay model to reconstituted clays. *Ingeniería de Construcción*, 4-5.

Carvajan Diaz, E., & Mora-Rey, C. (2016). *Columnas de grava mediante vibro-sustitución: evolución tecnológica, diseño y casos prácticos.* Jalisco: Sociedad Mexicada de Ingeniería Geotécnica.

Castro, J. (2008). *Análisis teórico de la consolidación y deformación alrededor de columnas de grava.*

Construction, J. (2017). *june-plus*. Obtenido de june-plus: http://www.june-plus.co.kr/eng/business/sub202.jsp

Cristoulas et al. (1997). *Stabilization of embankment foundations by using stone columns.*

Dimaggio, J. A. (June de 1978). Stone Columns: A Foundation Treatment, Demostration project N°46. *Federal Highway Adminstration*, 1-69.

Fernandez Vincent, J. M. (2008). *Pilotes Terratest.* Obtenido de Pilotes Terratest: http://www.terratest.cl/pdf/publicaciones/Jet_Grouting_Juan_Manuel_Fernandez.pdf

GroupVibration. (June de 2001). *Vibroflotation*. Obtenido de Vibroflotation: http://www.vibroflotation.com/Vibro/vibroflotation_fr.nsf/site/Vibro-Compaction.Effects-and-Test

Henriquez, S., Pedrals, A., & Valdés, P. (2009). *TRABAJO FINAL DE DIPLOMA: CASOS DE ASENTAMIENTOS INADMISIBLES EN SUELOS FINOS.*

Heríquez, S., Pedrals, A., & Valdés, P. (2009). *Casos de asentamientos.* Santiago: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

JLSINGENIERIA. (2013). *JLSINGENIERIA*. Obtenido de JLSINGENIERIA: http://www.jlsingenieria.cl/ps-el-ferrocarril-ruta-160-viii-region/

Keller. (2010). Keller Deep Vibro Techniques. *Keller*, 3-11.

Keller. (2014). *Deep Soil Mixing mediante vía húmeda*. Obtenido de Keller-cimentaciones: http://www.keller-cimentaciones.com/deep-soil-mixing-mediante-via-humeda/

Keller. (2014). *Keller-cimentaciones-vía-húmeda*. Obtenido de Keller-cimentaciones: http://www.keller-cimentaciones.com/deep-soil-mixing-mediante-via-humeda/

Keller. (2014). *keller-cimentaciones-vía-seca*. Obtenido de Keller-cimentaciones: http://www.keller-cimentaciones.com/deep-soil-mixing-mediante-via-seca/

Lemnitzer, A. (2015). *An overview of ground improvement methods.* Santiago, Metropolitana, Chile.

Muir Wood, D. (2003). Geotechnical modelling (Vol. 1). *CRC Press*.

Pilotes Terratest S.A. (2008). Jet Grouting. *Pilotes Terrates*, 2.

Pollan, J. (Enero de 2014). Diseño basado en técnicas de fiabilidad del tratamiento de mejora del terreno mediante columna de grava. Madrid, España.

Priebe, H. J. (1995). The Design of Vibro Replacement. *GeTec Ingenieurgesellschaft*, 1-8.

Quijada, C. (2008). *Mejoramiento de suelos en base a los métodos de vibroflotación y vibrosustitución.* Valdivia.

Rengifo, J. (2014). Optimización de tratamiento de suelos blandos bajo terraplenes. *Civilizate*, 43.

Rodríguez, J., & O'Hara, V. (2008). Vibro techniques for ground improvement. *Obras y Proyectos*, 2-3.

Roscoe, K. H., & Burland, J. B. (1968). On the generalized stress-strain behavior of wet clay. *Eng. Plasticity*, 535-609.

Schaefer et al. (2012). Ground Improvement in the 21st Century: A Comprehensive Web-Based Information System. *Geotechnical Engineering State of the Art and Practice*, 6.

Tan, e. (2008). Simplified Plane-Strain Modeling of Stone-Column Reinforced Ground. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 185-194.

Tan, S. A., & Oo, K. K. (2005). Finite element modeling of stone columns - A case history. *16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1425-1428.

Terrates, P. (1997). *Proyecto: Planta Petrox, Talcahuano.* Talcahuano: AENOR.

Terratest. (2014). Solución para suelos - Columnas de grava. 56.

Van Impe, W. F., & De Beer, E. (1983). Improvement of settlement behaviour of softy layers by means of stone columns. *8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 309-312.

Vossoughi, P. (2012). *Study of Ground Improvement Techniques with an Emphasis on Deep with an Emphasis on Deep.* California.

Zamora, J. (14 de Mayo de 2014). Optimización de tratamiento de suelos blandos bajo terraplenes. Lima, Lima, Perú.

Zhang et al. (2013). Numerical investigation on factors for deep-seated slope stability of stone column-supported embankments over soft clay. *Engineering Geology*, 105-106.

ANEXO

Anexo A

Se presentan los datos de los gráficos que genera el programa GeoStudio 2012 – Módulo Sigma/W para asentamiento sin mejora y luego para los asentamientos mejorados para las diferentes áreas de reemplazo.

Asentamientos no mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,003	-0,034	-0,120	-0,266	-0,437	-0,818
1,000	0,000	-0,003	-0,034	-0,120	-0,267	-0,438	-0,817
2,000	0,000	-0,004	-0,035	-0,123	-0,269	-0,439	-0,814
3,000	0,000	-0,004	-0,037	-0,126	-0,273	-0,441	-0,810
4,000	0,000	-0,005	-0,040	-0,131	-0,277	-0,442	-0,803
5,000	0,000	-0,006	-0,044	-0,137	-0,282	-0,444	-0,794
6,000	0,000	-0,008	-0,048	-0,144	-0,286	-0,445	-0,783
7,000	0,000	-0,009	-0,053	-0,150	-0,291	-0,444	-0,768
8,000	0,000	-0,011	-0,059	-0,157	-0,294	-0,441	-0,750
9,000	0,000	-0,014	-0,064	-0,162	-0,295	-0,436	-0,727
10,000	0,000	-0,016	-0,069	-0,165	-0,292	-0,425	-0,700
11,000	0,000	-0,019	-0,072	-0,167	-0,285	-0,409	-0,665
12,000	0,000	-0,021	-0,075	-0,165	-0,274	-0,388	-0,623
13,000	0,000	-0,023	-0,075	-0,159	-0,258	-0,360	-0,573
14,000	0,000	-0,023	-0,073	-0,148	-0,236	-0,325	-0,514
15,000	0,000	-0,023	-0,067	-0,133	-0,208	-0,284	-0,446
16,000	0,000	-0,021	-0,059	-0,114	-0,175	-0,237	-0,371
17,000	0,000	-0,018	-0,049	-0,091	-0,138	-0,185	-0,291
18,000	0,000	-0,013	-0,035	-0,065	-0,097	-0,129	-0,207
19,000	0,000	-0,005	-0,020	-0,038	-0,055	-0,072	-0,124
20,000	0,000	0,002	-0,004	-0,011	-0,014	-0,017	-0,050
21,000	0,000	0,008	0,011	0,013	0,020	0,029	0,009
22,000	0,000	0,009	0,020	0,029	0,043	0,059	0,045
23,000	0,000	0,009	0,025	0,038	0,056	0,073	0,062
24,000	0,000	0,009	0,022	0,039	0,056	0,073	0,062
25,000	0,000	0,009	0,020	0,036	0,052	0,066	0,054
26,000	0,000	0,008	0,018	0,032	0,046	0,058	0,044
27,000	0,000	0,008	0,016	0,027	0,039	0,048	0,032
28,000	0,000	0,007	0,014	0,023	0,033	0,040	0,023
29,000	0,000	0,006	0,013	0,020	0,027	0,033	0,016
30,000	0,000	0,006	0,011	0,017	0,023	0,027	0,011
31,000	0,000	0,005	0,010	0,015	0,019	0,023	0,007
32,000	0,000	0,004	0,009	0,013	0,017	0,019	0,005
33,000	0,000	0,004	0,008	0,012	0,014	0,016	0,004

34,000	0,000	0,004	0,007	0,010	0,013	0,014	0,004
35,000	0,000	0,003	0,006	0,009	0,011	0,012	0,004
36,000	0,000	0,003	0,005	0,008	0,010	0,011	0,003
37,000	0,000	0,003	0,005	0,007	0,009	0,010	0,003
38,000	0,000	0,002	0,004	0,007	0,008	0,009	0,003
39,000	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,008	0,003
40,000	0,000	0,002	0,003	0,005	0,007	0,007	0,003
41,000	0,000	0,002	0,003	0,005	0,006	0,007	0,003
42,000	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,003
43,000	0,000	0,001	0,003	0,004	0,005	0,005	0,003
44,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,003
45,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003
46,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002
47,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
48,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
49,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
51,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
52,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
53,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
54,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001
55,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
56,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
57,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
58,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
59,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
60,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,818

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=5,7%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,015	-0,054	-0,122	-0,211	-0,304	-0,458
0,940	0,000	-0,016	-0,060	-0,135	-0,233	-0,336	-0,502
1,050	0,000	-0,016	-0,060	-0,135	-0,233	-0,336	-0,502
2,000	0,000	-0,015	-0,056	-0,125	-0,214	-0,307	-0,460
2,930	0,000	-0,017	-0,062	-0,139	-0,236	-0,336	-0,498
3,050	0,000	-0,017	-0,062	-0,139	-0,236	-0,337	-0,499
3,995	0,000	-0,016	-0,058	-0,128	-0,215	-0,305	-0,452
4,930	0,000	-0,017	-0,064	-0,140	-0,233	-0,327	-0,480
5,040	0,000	-0,017	-0,064	-0,140	-0,234	-0,329	-0,482
5,980	0,000	-0,016	-0,061	-0,130	-0,213	-0,297	-0,433
6,920	0,000	-0,018	-0,068	-0,145	-0,233	-0,322	-0,464
7,040	0,000	-0,019	-0,069	-0,146	-0,235	-0,324	-0,467
7,980	0,000	-0,018	-0,065	-0,133	-0,210	-0,286	-0,412
8,920	0,000	-0,020	-0,072	-0,145	-0,225	-0,303	-0,432
9,030	0,000	-0,021	-0,073	-0,146	-0,227	-0,306	-0,435
9,970	0,000	-0,021	-0,070	-0,135	-0,205	-0,272	-0,385
10,910	0,000	-0,024	-0,078	-0,146	-0,217	-0,285	-0,399

11,030	0,000	-0,024	-0,078	-0,147	-0,219	-0,287	-0,402
11,970	0,000	-0,024	-0,074	-0,134	-0,194	-0,250	-0,349
12,910	0,000	-0,026	-0,077	-0,136	-0,194	-0,248	-0,345
13,030	0,000	-0,026	-0,078	-0,137	-0,196	-0,250	-0,348
13,930	0,000	-0,025	-0,071	-0,121	-0,169	-0,213	-0,296
14,900	0,000	-0,025	-0,070	-0,117	-0,161	-0,202	-0,281
15,020	0,000	-0,026	-0,071	-0,119	-0,164	-0,204	-0,284
15,960	0,000	-0,022	-0,057	-0,093	-0,127	-0,156	-0,221
16,900	0,000	-0,019	-0,050	-0,081	-0,109	-0,134	-0,192
17,010	0,000	-0,019	-0,051	-0,082	-0,111	-0,137	-0,195
17,930	0,000	-0,013	-0,032	-0,052	-0,070	-0,086	-0,131
18,890	0,000	-0,007	-0,020	-0,033	-0,045	-0,055	-0,091
19,010	0,000	-0,008	-0,021	-0,035	-0,047	-0,058	-0,094
20,000	0,000	-0,001	-0,002	-0,008	-0,015	-0,021	-0,050
21,000	0,000	0,003	0,007	0,007	0,005	0,002	-0,023
22,000	0,000	0,005	0,010	0,015	0,016	0,015	-0,007
23,000	0,000	0,006	0,012	0,017	0,021	0,021	0,001
24,010	0,000	0,007	0,013	0,017	0,021	0,023	0,005
25,010	0,000	0,007	0,013	0,017	0,020	0,022	0,006
26,010	0,000	0,006	0,012	0,016	0,018	0,020	0,006
27,010	0,000	0,006	0,011	0,015	0,016	0,017	0,005
28,010	0,000	0,005	0,010	0,013	0,015	0,015	0,004
29,010	0,000	0,004	0,009	0,012	0,013	0,014	0,004
30,010	0,000	0,004	0,008	0,011	0,012	0,012	0,004
31,010	0,000	0,003	0,007	0,009	0,011	0,011	0,003
32,010	0,000	0,003	0,006	0,008	0,009	0,010	0,003
33,010	0,000	0,003	0,005	0,007	0,008	0,009	0,003
34,010	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,008	0,003
35,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007	0,003
36,010	0,000	0,002	0,003	0,005	0,006	0,006	0,003
37,010	0,000	0,001	0,003	0,004	0,005	0,005	0,003
38,010	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,005	0,002
39,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
40,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002
41,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
42,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
43,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
44,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001
45,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
46,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
47,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
48,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
49,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
50,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,502

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=5,7%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,014	-0,048	-0,107	-0,182	-0,261	-0,367
0,940	0,000	-0,015	-0,053	-0,118	-0,200	-0,286	-0,400
1,050	0,000	-0,015	-0,053	-0,118	-0,200	-0,286	-0,400
2,000	0,000	-0,014	-0,049	-0,109	-0,184	-0,262	-0,368
2,930	0,000	-0,016	-0,055	-0,120	-0,202	-0,286	-0,396
3,050	0,000	-0,016	-0,055	-0,121	-0,202	-0,286	-0,397
3,995	0,000	-0,015	-0,051	-0,112	-0,185	-0,260	-0,362
4,930	0,000	-0,016	-0,056	-0,121	-0,199	-0,278	-0,383
5,040	0,000	-0,016	-0,056	-0,121	-0,200	-0,279	-0,384
5,980	0,000	-0,015	-0,053	-0,113	-0,182	-0,252	-0,347
6,920	0,000	-0,016	-0,059	-0,124	-0,198	-0,271	-0,369
7,040	0,000	-0,017	-0,060	-0,125	-0,199	-0,273	-0,371
7,980	0,000	-0,016	-0,056	-0,114	-0,178	-0,241	-0,328
8,920	0,000	-0,018	-0,062	-0,123	-0,190	-0,254	-0,342
9,030	0,000	-0,018	-0,062	-0,124	-0,191	-0,256	-0,344
9,970	0,000	-0,018	-0,060	-0,115	-0,173	-0,227	-0,305
10,910	0,000	-0,020	-0,066	-0,123	-0,181	-0,236	-0,313
11,030	0,000	-0,020	-0,066	-0,124	-0,183	-0,238	-0,315
11,970	0,000	-0,020	-0,062	-0,112	-0,161	-0,206	-0,274
12,910	0,000	-0,021	-0,064	-0,113	-0,160	-0,203	-0,268
13,030	0,000	-0,021	-0,065	-0,114	-0,162	-0,205	-0,270
13,930	0,000	-0,020	-0,059	-0,100	-0,138	-0,172	-0,228
14,900	0,000	-0,021	-0,058	-0,096	-0,131	-0,162	-0,214
15,020	0,000	-0,021	-0,058	-0,097	-0,132	-0,164	-0,216
15,960	0,000	-0,018	-0,047	-0,076	-0,101	-0,123	-0,166
16,900	0,000	-0,016	-0,040	-0,065	-0,086	-0,105	-0,142
17,010	0,000	-0,016	-0,041	-0,066	-0,088	-0,106	-0,144
17,930	0,000	-0,011	-0,025	-0,040	-0,053	-0,065	-0,095
18,890	0,000	-0,007	-0,015	-0,024	-0,032	-0,038	-0,063
19,010	0,000	-0,008	-0,016	-0,025	-0,033	-0,040	-0,065
20,000	0,000	-0,002	-0,002	-0,005	-0,010	-0,015	-0,036
21,000	0,000	0,002	0,004	0,006	0,005	0,002	-0,018
22,000	0,000	0,004	0,008	0,011	0,012	0,011	-0,007
23,000	0,000	0,005	0,010	0,013	0,015	0,015	-0,001
24,010	0,000	0,005	0,010	0,013	0,015	0,016	0,002
25,010	0,000	0,005	0,010	0,013	0,015	0,015	0,003
26,010	0,000	0,005	0,010	0,013	0,014	0,014	0,003
27,010	0,000	0,005	0,009	0,012	0,013	0,013	0,003
28,010	0,000	0,004	0,008	0,011	0,012	0,012	0,003
29,010	0,000	0,004	0,007	0,010	0,011	0,011	0,003
30,010	0,000	0,003	0,006	0,009	0,010	0,010	0,003
31,010	0,000	0,003	0,006	0,008	0,009	0,009	0,003
32,010	0,000	0,002	0,005	0,007	0,008	0,008	0,003
33,010	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,007	0,003
34,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,003

35,010	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,003
36,010	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,005	0,002
37,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
38,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002
39,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
40,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
41,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001
42,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
43,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
44,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
45,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
46,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
49,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
50,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,400

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=5,7%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,013	-0,040	-0,075	-0,114	-0,153	-0,182
0,940	0,000	-0,015	-0,044	-0,081	-0,123	-0,166	-0,196
1,050	0,000	-0,015	-0,044	-0,081	-0,123	-0,166	-0,197
2,000	0,000	-0,014	-0,040	-0,075	-0,114	-0,152	-0,182
2,930	0,000	-0,015	-0,044	-0,081	-0,123	-0,164	-0,193
3,050	0,000	-0,015	-0,044	-0,082	-0,123	-0,164	-0,194
3,995	0,000	-0,014	-0,041	-0,076	-0,114	-0,151	-0,179
4,930	0,000	-0,015	-0,044	-0,082	-0,121	-0,160	-0,189
5,040	0,000	-0,015	-0,044	-0,082	-0,122	-0,160	-0,189
5,980	0,000	-0,014	-0,041	-0,076	-0,112	-0,146	-0,172
6,920	0,000	-0,015	-0,045	-0,082	-0,120	-0,155	-0,181
7,040	0,000	-0,015	-0,045	-0,082	-0,120	-0,155	-0,182
7,980	0,000	-0,014	-0,042	-0,076	-0,109	-0,139	-0,163
8,920	0,000	-0,016	-0,046	-0,081	-0,115	-0,145	-0,169
9,030	0,000	-0,016	-0,046	-0,081	-0,116	-0,146	-0,170
9,970	0,000	-0,015	-0,043	-0,075	-0,104	-0,129	-0,151
10,910	0,000	-0,017	-0,047	-0,079	-0,108	-0,133	-0,153
11,030	0,000	-0,017	-0,047	-0,080	-0,109	-0,133	-0,154
11,970	0,000	-0,016	-0,044	-0,072	-0,096	-0,116	-0,134
12,910	0,000	-0,017	-0,046	-0,073	-0,096	-0,114	-0,132
13,030	0,000	-0,018	-0,046	-0,074	-0,096	-0,115	-0,132
13,930	0,000	-0,017	-0,042	-0,064	-0,082	-0,096	-0,111
14,900	0,000	-0,017	-0,041	-0,062	-0,078	-0,089	-0,103
15,020	0,000	-0,017	-0,042	-0,062	-0,078	-0,090	-0,104
15,960	0,000	-0,015	-0,034	-0,049	-0,060	-0,068	-0,080
16,900	0,000	-0,014	-0,030	-0,043	-0,052	-0,058	-0,069
17,010	0,000	-0,014	-0,031	-0,043	-0,052	-0,058	-0,069
17,930	0,000	-0,010	-0,020	-0,027	-0,032	-0,036	-0,046

18,890	0,000	-0,006	-0,012	-0,017	-0,020	-0,022	-0,031
19,010	0,000	-0,007	-0,013	-0,017	-0,021	-0,023	-0,032
20,000	0,000	-0,002	-0,004	-0,006	-0,008	-0,010	-0,019
21,000	0,000	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,003	-0,011
22,000	0,000	0,003	0,004	0,004	0,003	0,001	-0,006
23,000	0,000	0,004	0,006	0,006	0,005	0,004	-0,003
24,010	0,000	0,004	0,007	0,007	0,006	0,005	-0,001
25,010	0,000	0,004	0,007	0,007	0,007	0,006	0,001
26,010	0,000	0,004	0,006	0,007	0,007	0,006	0,002
27,010	0,000	0,003	0,006	0,007	0,007	0,006	0,002
28,010	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,006	0,002
29,010	0,000	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
30,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
31,010	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
32,010	0,000	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002
33,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
34,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
35,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
36,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
37,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
38,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
39,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
40,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
41,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
42,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
43,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
44,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
49,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,197

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=5,7%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,010	-0,032	-0,059	-0,090	-0,121	-0,136
0,940	0,000	-0,011	-0,034	-0,064	-0,097	-0,130	-0,145
1,050	0,000	-0,011	-0,034	-0,064	-0,097	-0,130	-0,145
2,000	0,000	-0,010	-0,032	-0,059	-0,090	-0,120	-0,135
2,930	0,000	-0,011	-0,034	-0,064	-0,096	-0,128	-0,142
3,050	0,000	-0,011	-0,034	-0,064	-0,096	-0,128	-0,143
3,995	0,000	-0,010	-0,032	-0,060	-0,090	-0,119	-0,133
4,930	0,000	-0,011	-0,035	-0,064	-0,095	-0,125	-0,139
5,040	0,000	-0,011	-0,035	-0,064	-0,095	-0,126	-0,140
5,980	0,000	-0,010	-0,032	-0,060	-0,088	-0,115	-0,129
6,920	0,000	-0,011	-0,035	-0,064	-0,094	-0,121	-0,134

7,040	0,000	-0,011	-0,035	-0,064	-0,094	-0,121	-0,134
7,980	0,000	-0,011	-0,033	-0,060	-0,086	-0,109	-0,122
8,920	0,000	-0,012	-0,036	-0,064	-0,090	-0,113	-0,125
9,030	0,000	-0,012	-0,036	-0,064	-0,091	-0,114	-0,126
9,970	0,000	-0,011	-0,034	-0,059	-0,082	-0,102	-0,112
10,910	0,000	-0,012	-0,036	-0,062	-0,084	-0,103	-0,113
11,030	0,000	-0,013	-0,037	-0,062	-0,085	-0,103	-0,113
11,970	0,000	-0,012	-0,034	-0,057	-0,075	-0,090	-0,099
12,910	0,000	-0,013	-0,036	-0,057	-0,074	-0,087	-0,096
13,030	0,000	-0,013	-0,036	-0,057	-0,075	-0,088	-0,096
13,930	0,000	-0,012	-0,032	-0,050	-0,063	-0,073	-0,081
14,900	0,000	-0,013	-0,032	-0,048	-0,059	-0,067	-0,073
15,020	0,000	-0,013	-0,032	-0,048	-0,059	-0,067	-0,074
15,960	0,000	-0,011	-0,026	-0,038	-0,045	-0,050	-0,056
16,900	0,000	-0,010	-0,023	-0,032	-0,038	-0,042	-0,047
17,010	0,000	-0,010	-0,023	-0,032	-0,038	-0,042	-0,047
17,930	0,000	-0,007	-0,014	-0,020	-0,023	-0,025	-0,030
18,890	0,000	-0,004	-0,008	-0,011	-0,013	-0,014	-0,019
19,010	0,000	-0,004	-0,009	-0,011	-0,013	-0,014	-0,019
20,000	0,000	-0,001	-0,002	-0,004	-0,005	-0,006	-0,011
21,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,007
22,000	0,000	0,002	0,004	0,003	0,003	0,001	-0,004
23,000	0,000	0,003	0,005	0,005	0,004	0,003	-0,001
24,010	0,000	0,003	0,005	0,006	0,005	0,004	0,001
25,010	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,005	0,001
26,010	0,000	0,003	0,005	0,006	0,005	0,005	0,002
27,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
28,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,004	0,002
29,010	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
30,010	0,000	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,002
31,010	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
32,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
33,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
34,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
35,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
36,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
37,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
38,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
40,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
41,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
42,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
43,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
44,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
47,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,145

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=8,2%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,014	-0,051	-0,111	-0,186	-0,263	-0,372
0,920	0,000	-0,015	-0,056	-0,122	-0,204	-0,289	-0,406
1,080	0,000	-0,015	-0,056	-0,122	-0,204	-0,289	-0,406
2,010	0,000	-0,014	-0,052	-0,113	-0,189	-0,266	-0,375
2,910	0,000	-0,016	-0,057	-0,124	-0,206	-0,289	-0,404
3,080	0,000	-0,016	-0,058	-0,124	-0,207	-0,290	-0,404
4,000	0,000	-0,015	-0,053	-0,114	-0,188	-0,262	-0,366
4,910	0,000	-0,016	-0,058	-0,123	-0,201	-0,280	-0,388
5,070	0,000	-0,016	-0,058	-0,124	-0,202	-0,281	-0,389
5,990	0,000	-0,015	-0,055	-0,115	-0,185	-0,254	-0,351
6,900	0,000	-0,017	-0,062	-0,127	-0,201	-0,274	-0,375
7,070	0,000	-0,017	-0,062	-0,128	-0,203	-0,276	-0,377
7,990	0,000	-0,017	-0,059	-0,117	-0,182	-0,244	-0,333
8,900	0,000	-0,019	-0,065	-0,127	-0,194	-0,258	-0,349
9,060	0,000	-0,019	-0,065	-0,128	-0,196	-0,260	-0,351
9,990	0,000	-0,019	-0,062	-0,118	-0,176	-0,230	-0,309
10,890	0,000	-0,021	-0,068	-0,125	-0,184	-0,238	-0,318
11,060	0,000	-0,021	-0,068	-0,127	-0,186	-0,240	-0,321
11,970	0,000	-0,020	-0,064	-0,114	-0,162	-0,207	-0,275
12,890	0,000	-0,022	-0,066	-0,116	-0,163	-0,205	-0,273
13,050	0,000	-0,022	-0,067	-0,117	-0,165	-0,208	-0,276
13,940	0,000	-0,021	-0,061	-0,102	-0,141	-0,174	-0,232
14,880	0,000	-0,021	-0,059	-0,098	-0,133	-0,164	-0,218
15,050	0,000	-0,022	-0,060	-0,100	-0,135	-0,167	-0,221
15,970	0,000	-0,018	-0,048	-0,078	-0,103	-0,125	-0,169
16,880	0,000	-0,016	-0,041	-0,066	-0,088	-0,106	-0,146
17,040	0,000	-0,016	-0,042	-0,068	-0,090	-0,109	-0,149
17,980	0,000	-0,010	-0,026	-0,041	-0,054	-0,065	-0,096
18,890	0,000	-0,006	-0,015	-0,025	-0,034	-0,041	-0,067
19,050	0,000	-0,007	-0,016	-0,027	-0,036	-0,043	-0,069
20,040	0,000	-0,001	-0,002	-0,005	-0,010	-0,016	-0,038
21,350	0,000	0,002	0,005	0,005	0,004	0,001	-0,019
22,030	0,000	0,004	0,008	0,010	0,011	0,010	-0,008
23,030	0,000	0,005	0,010	0,013	0,014	0,014	-0,002
24,030	0,000	0,005	0,011	0,013	0,015	0,015	0,001
25,030	0,000	0,005	0,011	0,013	0,015	0,015	0,002
26,020	0,000	0,005	0,010	0,013	0,014	0,014	0,003
27,020	0,000	0,005	0,009	0,012	0,013	0,013	0,003
28,020	0,000	0,004	0,008	0,011	0,012	0,012	0,003
29,020	0,000	0,004	0,007	0,010	0,011	0,011	0,003
30,020	0,000	0,003	0,006	0,009	0,010	0,010	0,003
31,020	0,000	0,003	0,006	0,008	0,009	0,009	0,003
32,020	0,000	0,002	0,005	0,007	0,007	0,008	0,003

33,020	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,007	0,003
34,020	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,003
35,010	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,003
36,010	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,005	0,002
37,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
38,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002
39,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
40,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
41,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001
42,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
43,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
44,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
45,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
46,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
49,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
50,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,406

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=8,2%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,013	-0,042	-0,092	-0,153	-0,217	-0,285
0,920	0,000	-0,013	-0,046	-0,100	-0,167	-0,236	-0,308
1,080	0,000	-0,013	-0,046	-0,100	-0,167	-0,236	-0,308
2,010	0,000	-0,013	-0,043	-0,094	-0,155	-0,219	-0,287
2,910	0,000	-0,014	-0,047	-0,102	-0,168	-0,235	-0,306
3,080	0,000	-0,014	-0,047	-0,102	-0,168	-0,236	-0,306
4,000	0,000	-0,013	-0,044	-0,094	-0,154	-0,214	-0,280
4,910	0,000	-0,014	-0,047	-0,101	-0,164	-0,227	-0,294
5,070	0,000	-0,014	-0,048	-0,101	-0,164	-0,228	-0,294
5,990	0,000	-0,013	-0,045	-0,095	-0,151	-0,207	-0,268
6,900	0,000	-0,014	-0,050	-0,103	-0,163	-0,221	-0,283
7,070	0,000	-0,015	-0,051	-0,104	-0,164	-0,222	-0,285
7,990	0,000	-0,014	-0,048	-0,096	-0,148	-0,198	-0,254
8,900	0,000	-0,015	-0,052	-0,103	-0,156	-0,207	-0,263
9,060	0,000	-0,015	-0,053	-0,104	-0,158	-0,209	-0,264
9,990	0,000	-0,015	-0,050	-0,096	-0,142	-0,185	-0,234
10,890	0,000	-0,016	-0,054	-0,101	-0,147	-0,189	-0,237
11,060	0,000	-0,017	-0,055	-0,102	-0,148	-0,190	-0,239
11,970	0,000	-0,016	-0,051	-0,091	-0,129	-0,164	-0,205
12,890	0,000	-0,017	-0,052	-0,092	-0,129	-0,161	-0,201
13,050	0,000	-0,017	-0,053	-0,093	-0,130	-0,162	-0,203
13,940	0,000	-0,016	-0,048	-0,081	-0,110	-0,135	-0,169
14,880	0,000	-0,017	-0,046	-0,076	-0,103	-0,125	-0,156
15,050	0,000	-0,017	-0,047	-0,077	-0,104	-0,127	-0,158
15,970	0,000	-0,014	-0,037	-0,059	-0,078	-0,093	-0,119
16,880	0,000	-0,013	-0,031	-0,049	-0,065	-0,077	-0,099

17,040	0,000	-0,013	-0,032	-0,050	-0,066	-0,079	-0,101
17,980	0,000	-0,009	-0,019	-0,029	-0,038	-0,045	-0,063
18,890	0,000	-0,006	-0,012	-0,017	-0,021	-0,024	-0,039
19,050	0,000	-0,007	-0,013	-0,018	-0,022	-0,026	-0,041
20,040	0,000	-0,002	-0,002	-0,003	-0,006	-0,009	-0,024
21,350	0,000	0,001	0,003	0,004	0,003	0,002	-0,013
22,030	0,000	0,003	0,006	0,007	0,008	0,007	-0,006
23,030	0,000	0,004	0,008	0,009	0,010	0,010	-0,002
24,030	0,000	0,004	0,008	0,010	0,011	0,010	-0,004
25,030	0,000	0,004	0,008	0,010	0,011	0,011	0,001
26,020	0,000	0,004	0,008	0,010	0,011	0,010	0,002
27,020	0,000	0,004	0,007	0,009	0,010	0,010	0,003
28,020	0,000	0,003	0,007	0,009	0,009	0,009	0,003
29,020	0,000	0,003	0,006	0,008	0,008	0,008	0,003
30,020	0,000	0,003	0,005	0,007	0,007	0,007	0,003
31,020	0,000	0,002	0,004	0,006	0,007	0,007	0,003
32,020	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,003
33,020	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,002
34,020	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
35,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
36,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
37,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
38,010	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001
39,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
40,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
41,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
42,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
43,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
44,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
49,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
50,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,308

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=8,2%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,010	-0,031	-0,057	-0,085	-0,113	-0,127
0,920	0,000	-0,011	-0,033	-0,061	-0,091	-0,121	-0,135
1,080	0,000	-0,011	-0,033	-0,061	-0,091	-0,121	-0,135
2,010	0,000	-0,011	-0,031	-0,057	-0,086	-0,114	-0,128
2,910	0,000	-0,011	-0,034	-0,061	-0,091	-0,120	-0,134
3,080	0,000	-0,012	-0,034	-0,061	-0,091	-0,121	-0,134
4,000	0,000	-0,010	-0,031	-0,057	-0,085	-0,112	-0,125
4,910	0,000	-0,011	-0,033	-0,061	-0,089	-0,117	-0,129
5,070	0,000	-0,011	-0,033	-0,061	-0,089	-0,117	-0,130

5,990	0,000	-0,010	-0,031	-0,057	-0,083	-0,108	-0,120
6,900	0,000	-0,012	-0,034	-0,061	-0,088	-0,113	-0,125
7,070	0,000	-0,012	-0,034	-0,062	-0,089	-0,114	-0,126
7,990	0,000	-0,011	-0,032	-0,057	-0,082	-0,103	-0,115
8,900	0,000	-0,012	-0,035	-0,061	-0,086	-0,107	-0,118
9,060	0,000	-0,012	-0,035	-0,061	-0,086	-0,107	-0,118
9,990	0,000	-0,011	-0,033	-0,057	-0,078	-0,096	-0,106
10,890	0,000	-0,012	-0,035	-0,059	-0,080	-0,097	-0,106
11,060	0,000	-0,013	-0,036	-0,060	-0,081	-0,097	-0,107
11,970	0,000	-0,012	-0,033	-0,054	-0,071	-0,085	-0,093
12,890	0,000	-0,013	-0,034	-0,055	-0,070	-0,082	-0,090
13,050	0,000	-0,013	-0,035	-0,055	-0,071	-0,083	-0,091
13,940	0,000	-0,012	-0,031	-0,048	-0,060	-0,069	-0,076
14,880	0,000	-0,013	-0,031	-0,046	-0,056	-0,063	-0,069
15,050	0,000	-0,013	-0,031	-0,046	-0,057	-0,064	-0,070
15,970	0,000	-0,011	-0,025	-0,036	-0,043	-0,048	-0,053
16,880	0,000	-0,010	-0,022	-0,031	-0,036	-0,039	-0,044
17,040	0,000	-0,011	-0,023	-0,031	-0,036	-0,040	-0,044
17,980	0,000	-0,007	-0,014	-0,019	-0,022	-0,024	-0,028
18,890	0,000	-0,005	-0,009	-0,011	-0,013	-0,014	-0,018
19,050	0,000	-0,005	-0,009	-0,012	-0,013	-0,015	-0,019
20,040	0,000	-0,001	-0,003	-0,004	-0,005	-0,007	-0,011
21,350	0,000	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,002	-0,007
22,030	0,000	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001	-0,004
23,030	0,000	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	-0,002
24,030	0,000	0,003	0,005	0,005	0,005	0,004	0,000
25,030	0,000	0,003	0,005	0,005	0,005	0,004	0,001
26,020	0,000	0,003	0,005	0,005	0,005	0,004	0,001
27,020	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,004	0,002
28,020	0,000	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002
29,020	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
30,020	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
31,020	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
32,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
33,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
34,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
35,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
36,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
37,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
38,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
40,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
41,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
42,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
43,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
44,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Máximo asentamiento al término de la consolidación	-0,135

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=8,2%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,007	-0,023	-0,043	-0,066	-0,088	-0,094
0,920	0,000	-0,008	-0,025	-0,046	-0,070	-0,093	-0,099
1,080	0,000	-0,008	-0,025	-0,046	-0,070	-0,093	-0,099
2,010	0,000	-0,007	-0,024	-0,044	-0,066	-0,088	-0,094
2,910	0,000	-0,008	-0,025	-0,047	-0,070	-0,092	-0,098
3,080	0,000	-0,008	-0,025	-0,047	-0,070	-0,092	-0,098
4,000	0,000	-0,007	-0,024	-0,044	-0,065	-0,086	-0,092
4,910	0,000	-0,008	-0,025	-0,046	-0,068	-0,089	-0,095
5,070	0,000	-0,008	-0,025	-0,046	-0,068	-0,090	-0,095
5,990	0,000	-0,007	-0,024	-0,044	-0,064	-0,083	-0,089
6,900	0,000	-0,008	-0,026	-0,047	-0,068	-0,087	-0,092
7,070	0,000	-0,008	-0,026	-0,047	-0,068	-0,087	-0,092
7,990	0,000	-0,007	-0,024	-0,044	-0,063	-0,080	-0,085
8,900	0,000	-0,008	-0,026	-0,046	-0,065	-0,082	-0,086
9,060	0,000	-0,008	-0,026	-0,047	-0,066	-0,082	-0,087
9,990	0,000	-0,008	-0,025	-0,043	-0,060	-0,074	-0,078
10,890	0,000	-0,008	-0,026	-0,045	-0,061	-0,073	-0,077
11,060	0,000	-0,009	-0,027	-0,045	-0,061	-0,074	-0,078
11,970	0,000	-0,008	-0,025	-0,041	-0,054	-0,064	-0,068
12,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,041	-0,053	-0,062	-0,065
13,050	0,000	-0,009	-0,026	-0,042	-0,054	-0,062	-0,066
13,940	0,000	-0,008	-0,023	-0,036	-0,045	-0,051	-0,055
14,880	0,000	-0,009	-0,023	-0,034	-0,041	-0,046	-0,049
15,050	0,000	-0,009	-0,023	-0,034	-0,042	-0,047	-0,049
15,970	0,000	-0,007	-0,019	-0,026	-0,031	-0,034	-0,037
16,880	0,000	-0,007	-0,016	-0,022	-0,025	-0,027	-0,029
17,040	0,000	-0,007	-0,016	-0,022	-0,026	-0,027	-0,030
17,980	0,000	-0,005	-0,009	-0,013	-0,014	-0,015	-0,018
18,890	0,000	-0,003	-0,005	-0,006	-0,007	-0,008	-0,010
19,050	0,000	-0,003	-0,005	-0,007	-0,008	-0,008	-0,010
20,040	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,003	-0,006
21,350	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	-0,003
22,030	0,000	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001	-0,002
23,030	0,000	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,000
24,030	0,000	0,002	0,004	0,004	0,004	0,003	0,001
25,030	0,000	0,002	0,004	0,004	0,004	0,003	0,001
26,020	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	0,001
27,020	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	0,001
28,020	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
29,020	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
30,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
31,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001

32,020	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
33,020	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
34,020	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
35,010	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
36,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
38,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
40,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
41,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
42,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
43,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,099

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=11,1%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,012	-0,045	-0,096	-0,158	-0,222	-0,298
0,890	0,000	-0,013	-0,049	-0,104	-0,172	-0,242	-0,323
1,100	0,000	-0,013	-0,049	-0,104	-0,172	-0,243	-0,323
1,990	0,000	-0,013	-0,046	-0,097	-0,160	-0,224	-0,299
2,890	0,000	-0,014	-0,051	-0,108	-0,176	-0,246	-0,326
3,110	0,000	-0,014	-0,051	-0,108	-0,177	-0,247	-0,327
4,010	0,000	-0,013	-0,048	-0,100	-0,162	-0,224	-0,297
4,890	0,000	-0,014	-0,052	-0,108	-0,174	-0,240	-0,315
5,110	0,000	-0,014	-0,052	-0,109	-0,175	-0,241	-0,317
6,000	0,000	-0,014	-0,049	-0,101	-0,160	-0,217	-0,285
6,890	0,000	-0,015	-0,054	-0,109	-0,171	-0,231	-0,300
7,110	0,000	-0,015	-0,054	-0,110	-0,172	-0,232	-0,302
8,000	0,000	-0,014	-0,051	-0,102	-0,156	-0,208	-0,269
8,890	0,000	-0,016	-0,056	-0,109	-0,165	-0,218	-0,280
9,120	0,000	-0,016	-0,057	-0,110	-0,167	-0,220	-0,282
10,010	0,000	-0,016	-0,054	-0,101	-0,150	-0,194	-0,248
10,890	0,000	-0,017	-0,057	-0,106	-0,153	-0,197	-0,251
11,120	0,000	-0,018	-0,058	-0,107	-0,155	-0,199	-0,253
12,010	0,000	-0,017	-0,054	-0,097	-0,137	-0,172	-0,219
12,900	0,000	-0,018	-0,056	-0,097	-0,135	-0,168	-0,213
13,120	0,000	-0,019	-0,057	-0,098	-0,137	-0,170	-0,216
13,990	0,000	-0,018	-0,051	-0,085	-0,116	-0,142	-0,180
14,900	0,000	-0,017	-0,049	-0,080	-0,107	-0,130	-0,165
15,120	0,000	-0,018	-0,050	-0,082	-0,109	-0,133	-0,168
16,020	0,000	-0,015	-0,040	-0,063	-0,082	-0,098	-0,127

16,900	0,000	-0,013	-0,034	-0,053	-0,069	-0,082	-0,107
17,130	0,000	-0,014	-0,035	-0,055	-0,071	-0,084	-0,110
18,040	0,000	-0,009	-0,020	-0,031	-0,041	-0,049	-0,069
18,910	0,000	-0,005	-0,011	-0,018	-0,023	-0,027	-0,045
19,130	0,000	-0,006	-0,012	-0,019	-0,025	-0,030	-0,048
20,110	0,000	-0,002	-0,002	-0,003	-0,007	-0,011	-0,027
21,090	0,000	0,001	0,003	0,004	0,003	0,001	-0,015
22,090	0,000	0,003	0,006	0,008	0,008	0,007	-0,008
23,090	0,000	0,004	0,008	0,010	0,010	0,010	-0,003
24,070	0,000	0,005	0,009	0,011	0,011	0,011	-0,001
25,060	0,000	0,005	0,009	0,011	0,011	0,011	0,001
26,050	0,000	0,004	0,008	0,011	0,011	0,011	0,002
27,050	0,000	0,004	0,008	0,010	0,010	0,010	0,002
28,050	0,000	0,003	0,007	0,009	0,010	0,009	0,003
29,050	0,000	0,003	0,006	0,008	0,009	0,009	0,003
30,050	0,000	0,003	0,005	0,007	0,008	0,008	0,003
31,050	0,000	0,002	0,005	0,006	0,007	0,007	0,003
32,040	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,003
33,040	0,000	0,002	0,003	0,005	0,005	0,005	0,003
34,040	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,005	0,002
35,040	0,000	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002
36,030	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,002
37,030	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
38,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
39,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
40,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
41,020	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
42,020	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
43,020	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
44,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
19,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
50,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,327

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=11,1%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,011	-0,035	-0,076	-0,125	-0,176	-0,220
0,890	0,000	-0,012	-0,038	-0,081	-0,135	-0,190	-0,235
1,100	0,000	-0,012	-0,038	-0,081	-0,135	-0,190	-0,235
1,990	0,000	-0,011	-0,036	-0,077	-0,126	-0,177	-0,221
2,890	0,000	-0,012	-0,039	-0,084	-0,138	-0,193	-0,237
3,110	0,000	-0,012	-0,040	-0,085	-0,139	-0,194	-0,238
4,010	0,000	-0,012	-0,037	-0,079	-0,128	-0,177	-0,219
4,890	0,000	-0,012	-0,040	-0,084	-0,136	-0,187	-0,229

5,110	0,000	-0,012	-0,040	-0,085	-0,137	-0,188	-0,230
6,000	0,000	-0,012	-0,038	-0,079	-0,126	-0,171	-0,210
6,890	0,000	-0,012	-0,041	-0,085	-0,133	-0,180	-0,218
7,110	0,000	-0,012	-0,041	-0,085	-0,134	-0,181	-0,219
8,000	0,000	-0,012	-0,039	-0,079	-0,122	-0,163	-0,197
8,890	0,000	-0,013	-0,043	-0,084	-0,128	-0,168	-0,202
9,120	0,000	-0,013	-0,043	-0,085	-0,129	-0,170	-0,204
10,010	0,000	-0,012	-0,041	-0,078	-0,116	-0,150	-0,180
10,890	0,000	-0,013	-0,043	-0,081	-0,117	-0,150	-0,179
11,120	0,000	-0,014	-0,044	-0,082	-0,119	-0,152	-0,181
12,010	0,000	-0,013	-0,041	-0,074	-0,105	-0,131	-0,157
12,900	0,000	-0,014	-0,042	-0,073	-0,102	-0,126	-0,150
13,120	0,000	-0,014	-0,042	-0,074	-0,103	-0,128	-0,152
13,990	0,000	-0,013	-0,038	-0,064	-0,087	-0,105	-0,126
14,900	0,000	-0,013	-0,036	-0,059	-0,079	-0,094	-0,112
15,120	0,000	-0,014	-0,037	-0,060	-0,080	-0,096	-0,114
16,020	0,000	-0,012	-0,029	-0,045	-0,059	-0,069	-0,084
16,900	0,000	-0,011	-0,024	-0,037	-0,047	-0,055	-0,068
17,130	0,000	-0,011	-0,025	-0,038	-0,049	-0,057	-0,070
18,040	0,000	-0,008	-0,015	-0,021	-0,027	-0,032	-0,042
18,910	0,000	-0,006	-0,009	-0,012	-0,014	-0,016	-0,024
19,130	0,000	-0,006	-0,010	-0,013	-0,016	-0,018	-0,025
20,110	0,000	-0,002	-0,002	-0,003	-0,004	-0,006	-0,015
21,090	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	-0,009
22,090	0,000	0,002	0,004	0,006	0,006	0,005	-0,005
23,090	0,000	0,003	0,006	0,007	0,007	0,007	-0,002
24,070	0,000	0,004	0,007	0,008	0,008	0,008	0,000
25,060	0,000	0,004	0,007	0,008	0,009	0,008	0,001
26,050	0,000	0,003	0,006	0,008	0,008	0,008	0,002
27,050	0,000	0,003	0,006	0,007	0,008	0,008	0,002
28,050	0,000	0,003	0,005	0,007	0,007	0,007	0,002
29,050	0,000	0,002	0,005	0,006	0,007	0,006	0,003
30,050	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,002
31,050	0,000	0,002	0,003	0,005	0,005	0,005	0,002
32,040	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
33,040	0,000	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002
34,040	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
35,040	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
36,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001
37,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
38,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
39,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
40,030	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
41,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
42,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
43,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
44,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
47,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
48,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
19,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000

50,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,238

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=11,1%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,008	-0,024	-0,044	-0,065	-0,087	-0,093
0,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,069	-0,092	-0,098
1,100	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,069	-0,092	-0,098
1,990	0,000	-0,008	-0,024	-0,044	-0,066	-0,087	-0,093
2,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,048	-0,070	-0,093	-0,099
3,110	0,000	-0,009	-0,026	-0,048	-0,070	-0,093	-0,099
4,010	0,000	-0,008	-0,025	-0,045	-0,066	-0,086	-0,093
4,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,069	-0,090	-0,096
5,110	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,069	-0,090	-0,096
6,000	0,000	-0,008	-0,024	-0,044	-0,064	-0,083	-0,089
6,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,067	-0,086	-0,092
7,110	0,000	-0,009	-0,026	-0,047	-0,068	-0,087	-0,092
8,000	0,000	-0,008	-0,025	-0,044	-0,062	-0,079	-0,084
8,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,046	-0,064	-0,080	-0,085
9,120	0,000	-0,009	-0,027	-0,046	-0,065	-0,081	-0,086
10,010	0,000	-0,008	-0,025	-0,043	-0,059	-0,072	-0,077
10,890	0,000	-0,009	-0,026	-0,044	-0,060	-0,072	-0,076
11,120	0,000	-0,009	-0,027	-0,045	-0,060	-0,073	-0,077
12,010	0,000	-0,009	-0,025	-0,041	-0,054	-0,064	-0,068
12,900	0,000	-0,010	-0,026	-0,041	-0,053	-0,061	-0,064
13,120	0,000	-0,010	-0,027	-0,042	-0,053	-0,062	-0,065
13,990	0,000	-0,009	-0,024	-0,037	-0,045	-0,051	-0,054
14,900	0,000	-0,010	-0,024	-0,034	-0,041	-0,046	-0,048
15,120	0,000	-0,010	-0,024	-0,035	-0,042	-0,046	-0,049
16,020	0,000	-0,008	-0,019	-0,027	-0,032	-0,034	-0,037
16,900	0,000	-0,008	-0,017	-0,022	-0,026	-0,027	-0,029
17,130	0,000	-0,008	-0,017	-0,023	-0,026	-0,028	-0,030
18,040	0,000	-0,005	-0,010	-0,013	-0,015	-0,016	-0,018
18,910	0,000	-0,003	-0,006	-0,007	-0,008	-0,009	-0,011
19,130	0,000	-0,003	-0,006	-0,008	-0,009	-0,009	-0,012
20,110	0,000	-0,001	-0,002	-0,002	-0,003	-0,004	-0,007
21,090	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,004
22,090	0,000	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	-0,002
23,090	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	-0,001
24,070	0,000	0,002	0,004	0,004	0,004	0,003	0,000
25,060	0,000	0,002	0,004	0,004	0,004	0,003	0,001
26,050	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	0,001
27,050	0,000	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,001
28,050	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
29,050	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
30,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001

31,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
32,040	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
33,040	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
34,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
35,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
36,030	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
38,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
40,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,099

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=11,1%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,005	-0,017	-0,033	-0,049	-0,066	-0,069
0,890	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,052	-0,069	-0,072
1,100	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,052	-0,069	-0,072
1,990	0,000	-0,005	-0,018	-0,033	-0,049	-0,066	-0,069
2,890	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,053	-0,070	-0,073
3,110	0,000	-0,006	-0,019	-0,036	-0,053	-0,070	-0,073
4,010	0,000	-0,005	-0,018	-0,033	-0,050	-0,066	-0,069
4,890	0,000	-0,005	-0,019	-0,035	-0,052	-0,068	-0,070
5,110	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,052	-0,068	-0,070
6,000	0,000	-0,005	-0,018	-0,033	-0,049	-0,063	-0,066
6,890	0,000	-0,005	-0,019	-0,035	-0,051	-0,065	-0,067
7,110	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,051	-0,066	-0,068
8,000	0,000	-0,005	-0,018	-0,033	-0,047	-0,060	-0,062
8,890	0,000	-0,005	-0,019	-0,034	-0,048	-0,060	-0,062
9,120	0,000	-0,006	-0,019	-0,035	-0,049	-0,061	-0,063
10,010	0,000	-0,005	-0,018	-0,032	-0,045	-0,055	-0,057
10,890	0,000	-0,006	-0,019	-0,033	-0,045	-0,054	-0,055
11,120	0,000	-0,006	-0,019	-0,033	-0,045	-0,054	-0,056
12,010	0,000	-0,005	-0,018	-0,031	-0,040	-0,047	-0,049
12,900	0,000	-0,006	-0,019	-0,031	-0,039	-0,045	-0,046
13,120	0,000	-0,006	-0,019	-0,031	-0,040	-0,046	-0,047
13,990	0,000	-0,006	-0,017	-0,027	-0,033	-0,037	-0,039
14,900	0,000	-0,006	-0,017	-0,025	-0,030	-0,033	-0,034
15,120	0,000	-0,006	-0,017	-0,025	-0,030	-0,033	-0,034

16,020	0,000	-0,005	-0,014	-0,019	-0,022	-0,024	-0,025
16,900	0,000	-0,005	-0,011	-0,015	-0,017	-0,018	-0,019
17,130	0,000	-0,005	-0,012	-0,016	-0,018	-0,019	-0,020
18,040	0,000	-0,003	-0,006	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011
18,910	0,000	-0,002	-0,003	-0,004	-0,004	-0,004	-0,005
19,130	0,000	-0,002	-0,003	-0,004	-0,004	-0,005	-0,005
20,110	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003
21,090	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	-0,002
22,090	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	-0,001
23,090	0,000	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
24,070	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001
25,060	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
26,050	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
27,050	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001
28,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
29,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
30,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
31,050	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
32,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
33,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
34,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
35,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
36,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
38,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,030	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
40,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,073

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=14,5%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,011	-0,039	-0,083	-0,135	-0,189	-0,240
0,870	0,000	-0,011	-0,042	-0,089	-0,145	-0,203	-0,257
1,130	0,000	-0,012	-0,042	-0,089	-0,146	-0,204	-0,257
2,010	0,000	-0,011	-0,039	-0,083	-0,135	-0,188	-0,239
2,880	0,000	-0,012	-0,043	-0,090	-0,146	-0,202	-0,254
3,130	0,000	-0,012	-0,043	-0,090	-0,146	-0,203	-0,255
4,010	0,000	-0,011	-0,041	-0,084	-0,135	-0,186	-0,235

4,880	0,000	-0,012	-0,044	-0,090	-0,144	-0,197	-0,246
5,130	0,000	-0,012	-0,044	-0,091	-0,144	-0,198	-0,247
6,010	0,000	-0,011	-0,042	-0,085	-0,133	-0,180	-0,226
6,880	0,000	-0,012	-0,045	-0,091	-0,141	-0,190	-0,235
7,130	0,000	-0,013	-0,046	-0,092	-0,142	-0,191	-0,237
8,010	0,000	-0,012	-0,043	-0,085	-0,130	-0,172	-0,213
8,880	0,000	-0,013	-0,047	-0,090	-0,136	-0,178	-0,218
9,130	0,000	-0,013	-0,047	-0,092	-0,137	-0,180	-0,220
10,010	0,000	-0,013	-0,045	-0,084	-0,124	-0,159	-0,195
10,880	0,000	-0,014	-0,048	-0,088	-0,126	-0,161	-0,196
11,130	0,000	-0,014	-0,048	-0,089	-0,128	-0,163	-0,199
11,990	0,000	-0,014	-0,045	-0,080	-0,113	-0,141	-0,172
12,880	0,000	-0,015	-0,047	-0,081	-0,111	-0,137	-0,166
13,130	0,000	-0,015	-0,047	-0,082	-0,113	-0,139	-0,169
13,960	0,000	-0,014	-0,042	-0,071	-0,095	-0,115	-0,140
14,800	0,000	-0,014	-0,040	-0,066	-0,088	-0,105	-0,128
15,130	0,000	-0,015	-0,041	-0,068	-0,090	-0,108	-0,131
16,010	0,000	-0,012	-0,033	-0,052	-0,067	-0,079	-0,097
16,880	0,000	-0,011	-0,027	-0,042	-0,054	-0,063	-0,080
17,140	0,000	-0,011	-0,028	-0,044	-0,057	-0,066	-0,083
18,010	0,000	-0,007	-0,016	-0,025	-0,032	-0,038	-0,051
18,880	0,000	-0,005	-0,008	-0,012	-0,016	-0,019	-0,031
19,130	0,000	-0,005	-0,010	-0,014	-0,018	-0,022	-0,034
20,120	0,000	-0,002	-0,002	-0,003	-0,005	-0,008	-0,020
21,110	0,000	0,001	0,003	0,003	0,002	0,000	-0,012
22,100	0,000	0,002	0,005	0,006	0,006	0,005	-0,007
23,090	0,000	0,003	0,007	0,008	0,008	0,007	-0,003
24,080	0,000	0,004	0,007	0,009	0,009	0,008	-0,001
25,060	0,000	0,004	0,007	0,009	0,009	0,008	0,000
26,050	0,000	0,003	0,007	0,009	0,009	0,008	0,001
27,050	0,000	0,003	0,006	0,008	0,008	0,008	0,002
28,050	0,000	0,003	0,006	0,007	0,008	0,008	0,002
29,050	0,000	0,003	0,005	0,006	0,007	0,007	0,003
30,040	0,000	0,002	0,004	0,006	0,006	0,006	0,003
31,040	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
32,040	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,002
33,040	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
34,040	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
35,030	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
36,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
37,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
38,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
39,020	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
40,200	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
41,020	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
42,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
43,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
44,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
47,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
48,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000

49,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
50,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,257

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=14,5%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,010	-0,028	-0,061	-0,102	-0,144	-0,171
0,870	0,000	-0,010	-0,030	-0,066	-0,109	-0,154	-0,180
1,130	0,000	-0,010	-0,030	-0,066	-0,109	-0,154	-0,181
2,010	0,000	-0,010	-0,029	-0,062	-0,102	-0,144	-0,170
2,880	0,000	-0,010	-0,031	-0,066	-0,109	-0,153	-0,179
3,130	0,000	-0,010	-0,031	-0,067	-0,109	-0,153	-0,179
4,010	0,000	-0,010	-0,029	-0,063	-0,102	-0,142	-0,167
4,880	0,000	-0,010	-0,031	-0,067	-0,107	-0,148	-0,173
5,130	0,000	-0,011	-0,032	-0,067	-0,108	-0,149	-0,174
6,010	0,000	-0,010	-0,030	-0,063	-0,101	-0,137	-0,160
6,880	0,000	-0,011	-0,032	-0,067	-0,106	-0,142	-0,165
7,130	0,000	-0,011	-0,033	-0,068	-0,106	-0,143	-0,166
8,010	0,000	-0,010	-0,031	-0,063	-0,098	-0,130	-0,151
8,880	0,000	-0,011	-0,033	-0,066	-0,101	-0,133	-0,153
9,130	0,000	-0,011	-0,034	-0,067	-0,102	-0,134	-0,154
10,010	0,000	-0,010	-0,032	-0,062	-0,092	-0,119	-0,137
10,880	0,000	-0,011	-0,034	-0,064	-0,093	-0,119	-0,136
11,130	0,000	-0,011	-0,034	-0,065	-0,095	-0,120	-0,138
11,990	0,000	-0,011	-0,032	-0,059	-0,083	-0,104	-0,119
12,880	0,000	-0,012	-0,033	-0,058	-0,080	-0,099	-0,112
13,130	0,000	-0,012	-0,034	-0,059	-0,082	-0,101	-0,115
13,960	0,000	-0,011	-0,030	-0,051	-0,068	-0,082	-0,094
14,800	0,000	-0,011	-0,028	-0,046	-0,061	-0,073	-0,083
15,130	0,000	-0,012	-0,029	-0,047	-0,063	-0,075	-0,085
16,010	0,000	-0,010	-0,023	-0,035	-0,045	-0,053	-0,062
16,880	0,000	-0,009	-0,019	-0,028	-0,035	-0,040	-0,047
17,140	0,000	-0,010	-0,020	-0,029	-0,037	-0,042	-0,049
18,010	0,000	-0,007	-0,012	-0,017	-0,020	-0,023	-0,030
18,880	0,000	-0,005	-0,008	-0,009	-0,010	-0,011	-0,017
19,130	0,000	-0,005	-0,009	-0,011	-0,012	-0,013	-0,019
20,120	0,000	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004	-0,011
21,110	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	-0,007
22,100	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	-0,004
23,090	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,005	-0,002
24,080	0,000	0,003	0,005	0,006	0,007	0,006	0,000
25,060	0,000	0,003	0,005	0,007	0,007	0,006	0,001
26,050	0,000	0,003	0,005	0,006	0,007	0,006	0,002
27,050	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,006	0,002
28,050	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,006	0,002
29,050	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002

30,040	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,002
31,040	0,000	0,001	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
32,040	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
33,040	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
34,040	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
35,030	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
36,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
37,030	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
38,030	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
39,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
40,200	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
41,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
42,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
43,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
44,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
47,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
48,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
50,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,181

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=14,5%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,006	-0,018	-0,033	-0,050	-0,066	-0,070
0,870	0,000	-0,006	-0,020	-0,035	-0,053	-0,070	-0,073
1,130	0,000	-0,006	-0,020	-0,035	-0,053	-0,070	-0,073
2,010	0,000	-0,006	-0,018	-0,034	-0,050	-0,066	-0,070
2,880	0,000	-0,006	-0,020	-0,036	-0,053	-0,070	-0,073
3,130	0,000	-0,006	-0,020	-0,036	-0,053	-0,070	-0,073
4,010	0,000	-0,006	-0,019	-0,034	-0,050	-0,066	-0,069
4,880	0,000	-0,006	-0,020	-0,036	-0,052	-0,068	-0,071
5,130	0,000	-0,006	-0,020	-0,036	-0,052	-0,068	-0,071
6,010	0,000	-0,006	-0,019	-0,034	-0,050	-0,064	-0,067
6,880	0,000	-0,007	-0,020	-0,036	-0,052	-0,066	-0,069
7,130	0,000	-0,007	-0,020	-0,036	-0,052	-0,067	-0,069
8,010	0,000	-0,006	-0,019	-0,034	-0,049	-0,061	-0,064
8,880	0,000	-0,007	-0,020	-0,036	-0,050	-0,062	-0,064
9,130	0,000	-0,007	-0,021	-0,036	-0,051	-0,063	-0,065
10,010	0,000	-0,006	-0,019	-0,034	-0,046	-0,056	-0,059
10,880	0,000	-0,007	-0,020	-0,035	-0,046	-0,055	-0,057
11,130	0,000	-0,007	-0,021	-0,035	-0,047	-0,057	-0,058
11,990	0,000	-0,007	-0,019	-0,032	-0,042	-0,049	-0,051
12,880	0,000	-0,007	-0,020	-0,032	-0,041	-0,046	-0,048
13,130	0,000	-0,007	-0,021	-0,033	-0,041	-0,047	-0,049
13,960	0,000	-0,007	-0,018	-0,028	-0,035	-0,039	-0,041
14,800	0,000	-0,007	-0,018	-0,026	-0,031	-0,034	-0,035

15,130	0,000	-0,007	-0,018	-0,027	-0,032	-0,035	-0,036
16,010	0,000	-0,006	-0,015	-0,020	-0,024	-0,025	-0,027
16,880	0,000	-0,006	-0,012	-0,016	-0,018	-0,019	-0,021
17,140	0,000	-0,006	-0,013	-0,017	-0,019	-0,020	-0,022
18,010	0,000	-0,004	-0,007	-0,010	-0,011	-0,011	-0,013
18,880	0,000	-0,002	-0,004	-0,004	-0,005	-0,005	-0,006
19,130	0,000	-0,002	-0,004	-0,005	-0,006	-0,006	-0,007
20,120	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,003	-0,004
21,110	0,000	0,000	0,001	0,000	-0,003	-0,001	-0,003
22,100	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	-0,001
23,090	0,000	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002	0,000
24,080	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,000
25,060	0,000	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
26,050	0,000	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
27,050	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001
28,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
29,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
30,040	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
31,040	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
32,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
33,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
34,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
35,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
36,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
38,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
39,020	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
40,200	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,073

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=14,5%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,004	-0,013	-0,024	-0,037	-0,049	-0,051
0,870	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,052	-0,053
1,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,052	-0,053
2,010	0,000	-0,004	-0,013	-0,024	-0,037	-0,049	-0,051
2,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,052	-0,053
3,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,052	-0,053

4,010	0,000	-0,004	-0,013	-0,025	-0,037	-0,049	-0,051
4,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,038	-0,050	-0,052
5,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,051	-0,052
6,010	0,000	-0,004	-0,013	-0,025	-0,037	-0,048	-0,049
6,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,038	-0,049	-0,050
7,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,039	-0,050	-0,051
8,010	0,000	-0,004	-0,013	-0,025	-0,036	-0,046	-0,047
8,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,037	-0,046	-0,047
9,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,037	-0,047	-0,048
10,010	0,000	-0,004	-0,013	-0,024	-0,034	-0,042	-0,043
10,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,025	-0,034	-0,041	-0,042
11,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,026	-0,035	-0,042	-0,043
11,990	0,000	-0,004	-0,014	-0,023	-0,031	-0,036	-0,037
12,880	0,000	-0,004	-0,014	-0,023	-0,029	-0,034	-0,034
13,130	0,000	-0,004	-0,014	-0,024	-0,030	-0,035	-0,035
13,960	0,000	-0,004	-0,013	-0,020	-0,025	-0,028	-0,029
14,800	0,000	-0,004	-0,012	-0,018	-0,022	-0,024	-0,024
15,130	0,000	-0,004	-0,013	-0,019	-0,023	-0,025	-0,025
16,010	0,000	-0,004	-0,010	-0,014	-0,016	-0,017	-0,018
16,880	0,000	-0,004	-0,008	-0,011	-0,012	-0,012	-0,013
17,140	0,000	-0,004	-0,008	-0,011	-0,013	-0,013	-0,014
18,010	0,000	-0,003	-0,005	-0,006	-0,007	-0,007	-0,007
18,880	0,000	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003
19,130	0,000	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004
20,120	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
21,110	0,000	-0,003	0,000	0,001	0,000	-0,008	-0,001
22,100	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-0,001
23,090	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000
24,080	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
25,060	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
26,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
27,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
28,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
29,050	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
30,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
31,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
32,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
33,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
34,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
35,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
36,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,030	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
38,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
39,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

48,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,053

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=18,4%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,009	-0,034	-0,071	-0,115	-0,160	-0,194
0,820	0,000	-0,010	-0,036	-0,075	-0,122	-0,170	-0,205
1,180	0,000	-0,010	-0,036	-0,075	-0,122	-0,170	-0,206
2,000	0,000	-0,009	-0,034	-0,071	-0,114	-0,159	-0,192
2,820	0,000	-0,010	-0,036	-0,075	-0,121	-0,168	-0,202
3,180	0,000	-0,010	-0,036	-0,076	-0,122	-0,169	-0,203
4,010	0,000	-0,009	-0,034	-0,071	-0,114	-0,156	-0,189
4,820	0,000	-0,010	-0,037	-0,075	-0,120	-0,164	-0,196
5,180	0,000	-0,010	-0,037	-0,076	-0,120	-0,164	-0,197
6,000	0,000	-0,009	-0,035	-0,071	-0,111	-0,150	-0,180
5,820	0,000	-0,010	-0,037	-0,075	-0,116	-0,156	-0,185
7,190	0,000	-0,010	-0,038	-0,076	-0,117	-0,157	-0,187
8,000	0,000	-0,010	-0,036	-0,071	-0,108	-0,142	-0,169
8,820	0,000	-0,010	-0,038	-0,074	-0,111	-0,145	-0,171
9,190	0,000	-0,011	-0,039	-0,075	-0,113	-0,147	-0,173
10,000	0,000	-0,010	-0,037	-0,070	-0,102	-0,131	-0,154
10,820	0,000	-0,011	-0,039	-0,072	-0,103	-0,131	-0,153
11,190	0,000	-0,011	-0,040	-0,073	-0,105	-0,133	-0,156
11,990	0,000	-0,011	-0,037	-0,067	-0,094	-0,116	-0,135
12,820	0,000	-0,012	-0,038	-0,066	-0,090	-0,110	-0,128
13,190	0,000	-0,012	-0,039	-0,067	-0,092	-0,113	-0,131
14,010	0,000	-0,011	-0,034	-0,057	-0,076	-0,091	-0,106
14,820	0,000	-0,011	-0,032	-0,053	-0,069	-0,081	-0,095
15,190	0,000	-0,012	-0,033	-0,054	-0,071	-0,084	-0,098
16,020	0,000	-0,010	-0,026	-0,041	-0,053	-0,061	-0,072
16,820	0,000	-0,008	-0,021	-0,033	-0,042	-0,048	-0,057
17,190	0,000	-0,009	-0,023	-0,035	-0,044	-0,051	-0,061
18,010	0,000	-0,006	-0,013	-0,019	-0,024	-0,028	-0,036
18,820	0,000	-0,004	-0,006	-0,008	-0,010	-0,011	-0,018
19,190	0,000	-0,005	-0,008	-0,011	-0,012	-0,014	-0,021
20,180	0,000	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,005	-0,014
21,180	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,001	-0,009
22,160	0,000	0,002	0,004	0,005	0,004	0,004	-0,005
23,140	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,005	-0,003
24,120	0,000	0,003	0,006	0,007	0,007	0,006	-0,001
25,090	0,000	0,003	0,006	0,007	0,007	0,007	0,000
26,080	0,000	0,003	0,006	0,007	0,007	0,007	0,001
27,080	0,000	0,003	0,005	0,007	0,007	0,006	0,002
28,070	0,000	0,002	0,005	0,006	0,006	0,006	0,002

29,070	0,000	0,002	0,004	0,005	0,006	0,005	0,002
30,010	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
31,060	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
32,060	0,000	0,001	0,003	0,003	0,004	0,004	0,002
33,060	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
34,050	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
35,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001
36,050	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
37,040	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
38,040	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
39,030	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
40,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
41,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
42,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
43,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
44,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
47,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
48,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
49,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
50,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,206

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=18,4%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,009	-0,023	-0,050	-0,084	-0,118	-0,135
0,820	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,088	-0,125	-0,141
1,180	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,088	-0,125	-0,141
2,000	0,000	-0,009	-0,023	-0,050	-0,083	-0,117	-0,133
2,820	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,088	-0,123	-0,139
3,180	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,088	-0,123	-0,139
4,010	0,000	-0,009	-0,024	-0,051	-0,083	-0,116	-0,131
4,820	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,086	-0,119	-0,134
5,180	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,087	-0,120	-0,135
6,000	0,000	-0,009	-0,024	-0,050	-0,081	-0,111	-0,125
5,820	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,083	-0,113	-0,126
7,190	0,000	-0,009	-0,025	-0,053	-0,084	-0,114	-0,128
8,000	0,000	-0,009	-0,024	-0,050	-0,078	-0,104	-0,116
8,820	0,000	-0,009	-0,026	-0,052	-0,079	-0,105	-0,116
9,190	0,000	-0,009	-0,026	-0,053	-0,081	-0,106	-0,118
10,000	0,000	-0,009	-0,025	-0,049	-0,073	-0,095	-0,105
10,820	0,000	-0,009	-0,026	-0,050	-0,073	-0,093	-0,103
11,190	0,000	-0,010	-0,027	-0,051	-0,075	-0,095	-0,105
11,990	0,000	-0,009	-0,025	-0,046	-0,066	-0,082	-0,091
12,820	0,000	-0,010	-0,025	-0,045	-0,062	-0,076	-0,084
13,190	0,000	-0,010	-0,026	-0,046	-0,064	-0,079	-0,087
14,010	0,000	-0,009	-0,023	-0,039	-0,052	-0,062	-0,069

14,820	0,000	-0,009	-0,021	-0,035	-0,045	-0,053	-0,059
15,190	0,000	-0,010	-0,022	-0,036	-0,047	-0,056	-0,062
16,020	0,000	-0,008	-0,018	-0,027	-0,034	-0,039	-0,044
16,820	0,000	-0,008	-0,015	-0,021	-0,025	-0,028	-0,033
17,190	0,000	-0,008	-0,016	-0,022	-0,027	-0,031	-0,035
18,010	0,000	-0,006	-0,010	-0,013	-0,015	-0,017	-0,021
18,820	0,000	-0,004	-0,006	-0,007	-0,008	-0,008	-0,012
19,190	0,000	-0,005	-0,007	-0,009	-0,010	-0,010	-0,014
20,180	0,000	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004	-0,009
21,180	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,008	-0,005
22,160	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	-0,003
23,140	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	-0,001
24,120	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	-0,001
25,090	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,001
26,080	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,001
27,080	0,000	0,002	0,004	0,005	0,005	0,005	0,002
28,070	0,000	0,002	0,003	0,004	0,005	0,004	0,002
29,070	0,000	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002
30,010	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
31,060	0,000	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001
32,060	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001
33,060	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
34,050	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
35,050	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
36,050	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
37,040	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
38,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
39,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
40,030	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
41,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
42,020	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
44,020	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
47,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
48,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,141

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=18,4%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,004	-0,015	-0,027	-0,040	-0,053	-0,055
0,820	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,042	-0,056	-0,057
1,180	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,042	-0,056	-0,057
2,000	0,000	-0,004	-0,015	-0,027	-0,040	-0,053	-0,055
2,820	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,042	-0,055	-0,057

3,180	0,000	-0,005	-0,016	-0,029	-0,042	-0,056	-0,057
4,010	0,000	-0,004	-0,015	-0,027	-0,040	-0,053	-0,054
4,820	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,041	-0,054	-0,055
5,180	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,042	-0,054	-0,056
6,000	0,000	-0,004	-0,015	-0,027	-0,039	-0,051	-0,052
5,820	0,000	-0,005	-0,015	-0,028	-0,040	-0,051	-0,053
7,190	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,041	-0,052	-0,053
8,000	0,000	-0,004	-0,015	-0,027	-0,038	-0,048	-0,049
8,820	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,039	-0,048	-0,049
9,190	0,000	-0,005	-0,016	-0,028	-0,040	-0,049	-0,050
10,000	0,000	-0,004	-0,015	-0,026	-0,036	-0,044	-0,045
10,820	0,000	-0,005	-0,016	-0,027	-0,036	-0,043	-0,044
11,190	0,000	-0,005	-0,016	-0,027	-0,037	-0,044	-0,045
11,990	0,000	-0,005	-0,015	-0,025	-0,033	-0,038	-0,039
12,820	0,000	-0,005	-0,015	-0,025	-0,031	-0,035	-0,036
13,190	0,000	-0,005	-0,016	-0,025	-0,032	-0,037	-0,038
14,010	0,000	-0,005	-0,014	-0,021	-0,026	-0,029	-0,030
14,820	0,000	-0,005	-0,014	-0,020	-0,023	-0,025	-0,026
15,190	0,000	-0,005	-0,014	-0,020	-0,024	-0,027	-0,027
16,020	0,000	-0,004	-0,011	-0,015	-0,018	-0,019	-0,020
16,820	0,000	-0,004	-0,009	-0,012	-0,013	-0,014	-0,014
17,190	0,000	-0,004	-0,010	-0,013	-0,014	-0,015	-0,016
18,010	0,000	-0,003	-0,005	-0,007	-0,008	-0,008	-0,009
18,820	0,000	-0,001	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004
19,190	0,000	-0,002	-0,003	-0,004	-0,004	-0,004	-0,005
20,180	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003
21,180	0,000	0,001	0,000	0,000	-0,003	0,000	-0,002
22,160	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-0,001
23,140	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000
24,120	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
25,090	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
26,080	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
27,080	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
28,070	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
29,070	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001
30,010	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
31,060	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
32,060	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
33,060	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
34,050	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
35,050	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
36,050	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
37,040	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
38,040	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
39,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

47,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,057

Asentamientos mejorados en la base del terraplén para diferentes etapas de construcción (Ar=18,4%)							
	0 days	20 days	40 days	60 days	80 days	100 days	600 days
Distance (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)	Y-Displacement (m)
0,000	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,029	-0,039	-0,040
0,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,041	-0,042
1,180	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,041	-0,042
2,000	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,029	-0,039	-0,040
2,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,041	-0,041
3,180	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,041	-0,042
4,010	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,029	-0,039	-0,040
4,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,039	-0,040
5,180	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,040	-0,041
6,000	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,028	-0,037	-0,038
5,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,029	-0,038	-0,038
7,190	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,029	-0,038	-0,039
8,000	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,027	-0,035	-0,036
8,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,028	-0,035	-0,036
9,190	0,000	-0,003	-0,010	-0,020	-0,029	-0,036	-0,037
10,000	0,000	-0,003	-0,010	-0,018	-0,026	-0,032	-0,033
10,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,019	-0,026	-0,031	-0,032
11,190	0,000	-0,003	-0,011	-0,019	-0,027	-0,032	-0,033
11,990	0,000	-0,003	-0,010	-0,018	-0,023	-0,027	-0,028
12,820	0,000	-0,003	-0,010	-0,017	-0,022	-0,025	-0,026
13,190	0,000	-0,003	-0,010	-0,018	-0,023	-0,026	-0,027
14,010	0,000	-0,003	-0,009	-0,015	-0,018	-0,020	-0,021
14,820	0,000	-0,003	-0,009	-0,013	-0,016	-0,017	-0,017
15,190	0,000	-0,003	-0,009	-0,014	-0,017	-0,018	-0,018
16,020	0,000	-0,003	-0,007	-0,010	-0,011	-0,012	-0,012
16,820	0,000	-0,003	-0,006	-0,007	-0,008	-0,008	-0,008
17,190	0,000	-0,003	-0,006	-0,008	-0,009	-0,009	-0,010
18,010	0,000	-0,002	-0,003	-0,004	-0,005	-0,005	-0,005
18,820	0,000	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
19,190	0,000	-0,002	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003
20,180	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
21,180	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	-0,001
22,160	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	-0,001
23,140	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
24,120	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000
25,090	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000
26,080	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
27,080	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001

28,070	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
29,070	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
30,010	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
31,060	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
32,060	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
33,060	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
34,050	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
35,050	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
36,050	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000
37,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
38,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
39,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
42,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Máximo asentamiento al término de la consolidación							-0,042